

**FACEPLATE PARA EL CONTROL DE MOTORES CON DCS I/A FOXBORO
PARA PLANTA DE PULPA (PLANTA 1)**

JOSE FERNANDO DUQUE FRANCO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

**FACEPLATE PARA EL CONTROL DE MOTORES CON DCS I/A FOXBORO
PARA PLANTA DE PULPA (PLANTA 1)**

JOSE FERNANDO DUQUE FRANCO

Pasantía para optar al título de Ingeniero Electrónico

**Director
ADRIANA CADAVID SANCHEZ
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Jurado

Jurado o Director

Santiago de Cali, Viernes 14 de Agosto de 2009

A mis padres y profesores que siempre creyeron en mí y me dieron el apoyo cada vez que los necesite.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por brindarme la sabiduría necesaria para afrontar los retos académicos que se presentaron durante todo el transcurso de mi carrera, también agradezco el apoyo incondicional de mis padres quienes lucharon hasta el fin por darme la oportunidad de estudiar, salir adelante, enseñarme los valores morales y a ser una mejor persona, a ellos les estaré eternamente agradecido.

También quiero manifestar mi gratitud hacia las personas de la institución universitaria que en lo corrido de la carrera, depositaron su conocimiento y me brindaron su apoyo, gracias a esos conocimientos me siento un ingeniero integro y con excelentes principios éticos, sin ellos este proyecto no habría salido adelante.

A mis compañeros de estudio que me colaboraron y estuvieron siempre dispuestos a darme una mano en lo que necesitara acompañándome en mi proceso de formación.

A aquellas personas que su colaboración estuvo involucrada en mi formación profesional y contribuyeron a sacar adelante todos mis proyectos propuestos, a todos... ¡muchas gracias!

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	16
1.1 PLC'S	16
1.2 DCS	18
1.2.1 Arquitectura DCS	20
1.3 BUSES DE CAMPO	21
1.3.1 Profibus	21
1.3.2 Modbus	22
1.4 SCADA	24
1.4.1 Unidad de terminal remota (UTR)	26
1.4.2 Estación Maestra	27
1.4.3 Infraestructura y métodos de comunicación	28
1.5 HMI	28
2. PROCESOS PLANTA DE PULPA	30
2.1 GENERALIDADES	30
2.1.1 Introducción al Pulpeo	32
2.1.2 Separación de las fibras	34
2.1.3 Procesos comerciales	35
2.1.4 Pulpa al sulfito	37
2.1.5 Química del proceso	37
2.1.6 Pulpa alcalina	39

2.2	DESCRIPCION DEL PROCESO	40
2.3	PULPA SEMI-QUIMICA Y PULPA SEMI-MECANICA	42
2.4	PULPA MECANICA	43
2.5	CONTROL DE CALIDAD	44
2.6	PREPARACION DEL STOCK PARA FABRICACION DE PAPEL	45
2.7	MAQUINAS PARA LA FABRICACION DEL PAPEL	46
2.8	FILTRADO Y LIMPIEZA DEL STOCK	47
2.9	SECADO Y SATINADO DEL PAPEL	47
3.	DISEÑO DE INTERLOCKS PARA MOTORES RSLOGIX500	50
4.	DESCRIPCION DEL FACEPLATE	53
4.1	INTERFACE DE OPERACIÓN ANTIGUA	53
4.2	INTERFACE DE OPERACIÓN ACTUAL	54
4.3	MODOS DE OPERACIÓN	55
4.4	INDICACION DE FALLA	56
4.5	DESCRIPCION TEMPLATE MOTOR	61
4.6	INDICACION ESTATUS MOTOR	64
4.7	DIAGRAMA DE CONTROL SIMPLIFICADO	65
5.	COMUNICACIÓN MODBUS	67
5.1	DIRECCIONAMIENTO IA	67
5.2	ESCRITURA DE DATOS DESDE EL IA HACIA EL PLC	69
5.3	ESCRITURA DE DATOS DESDE EL PLC HACIA EL IA	70
6.	CONCLUSIONES	71
7.	RECOMENDACIONES	72

BIBLIOGRAFIA	73
ANEXOS	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistema de pulpeo para diversos procesos comerciales.	35
Tabla 2. Análisis químico y pérdidas en el pulpeo semiquímico y químico- mecánico.	42
Tabla 3. Valores Promedios de las Pulpas Kraft y Semiquímicas Nacionales.	43
Tabla 4. Valores para ciprés y tropical producida por el método Kraft.	44
Tabla 5. Indicación de falla	48
Tabla 6. Bits de configuración del Faceplate.	57
Tabla 7. Palabra de mando al motor.	59
Tabla 8. Descripción template motor.	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de un DCS .	20
Figura 2. Diagrama de control SCADA.	25
Figura 3. Proceso de limpieza del bagazo.	32
Figura 4. Proceso de blanqueamiento de la pulpa.	34
Figura 5. Máquina para la fabricación de papel.	49
Figura 6. Método para la creación de un faceplate	50
Figura 7. Diagrama lógica Ladder motor 620M20.	51
Figura 8. Diagrama lógica Ladder de interlocks para motor 620M20.	52
Figura 9. Interfaz antigua.	54
Figura 10. Interfaz nueva.	55
Figura 11. Conexiones bloque LOGIC.	58
Figura 12. Conexiones bloque TXT.	59
Figura 13. Descripción template motor.	62
Figura 14. Diagrama de control simplificado.	66
Figura 15. Diagrama general de direccionamiento entre el PLC y el IA.	68
Figura 16. Escritura de datos desde el IA hacia el PLC.	69
Figura 17. Escritura de datos desde el PLC hacia el IA.	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Configuración del Archivo .TXT para comunicación MODBUS.	67
Anexo B. Relación de motores (tags, descripción, palabra de mando).	68

GLOSARIO

BAGAZO: fibras residuales del procesamiento de la caña de azúcar en los ingenios, estas fibras son utilizadas como materia prima del papel.

CUARTO DE CONTROL: el cuarto de control, es una habitación desde la cual se maneja el proceso de manufactura del papel, los operarios se encargan desde ahí de monitorear las variables del proceso, encender o apagar motores, etc.

FACEPLATE: un faceplate es una ventana emergente que nos permite visualizar en tiempo real el estado del actuador.

FOXVIEW: FoxView es una herramienta de programación para DCS's, este permite hacer el diseño de interfaces graficas (HMI) a través de la opción FOXDRAW, como también permite la programación y diseño de lógicas computacionales a través del IACC.

INTERLOCK: un interlock es una serie de condiciones que se deben cumplir para permitir el funcionamiento de un actuador, en este caso los motores.

MOTOR: un motor es un dispositivo final de control, los motores mediante un campo magnético generan movimiento, el cual sirve para mezclar químicos, mover bandas transportadoras, etc.

PULPA: la pulpa es el resultado del tratamiento al bagazo, donde se lavan las fibras, se clasifican, se blanquean y mezclan con una serie de químicos que le dan textura al papel, esta pulpa es esparcida en las maquinas las cuales la secan y le hacen control de calidad.

SUB-ESTACIÓN: la sub-estación, es una habitación donde se encuentran los controladores de los motores, los PLC's, DCS's y los barrajes de alto voltaje.

RESUMEN

En los siguientes capítulos se hace una descripción de los conceptos básicos de los dispositivos que estuvieron implícitos en el proyecto tales como el PLC y el DCS, entrando en materia se da a conocer como se realizó la configuración en estos dispositivos anteriormente nombrados y la configuración del protocolo MODBUS para la red de comunicación, se muestran también imágenes las cuales dan a conocer en brevedad el trabajo realizado.

En el segundo capítulo se encuentra un sencillo resumen para comprender como se lleva a cabo la manufactura del papel a partir de las fibras de madera y bagazo, también se menciona la descripción del proceso, control de calidad, maquinas para la fabricación de papel entre otros.

En el tercer capítulo se muestra la forma como se diseñaron y programaron los interlocks en el software RSLogix 500, siendo de mucha importancia ya que los interlocks nos describen en el faceplate de forma textual cual es la falla que presenta el motor.

En el cuarto capítulo se recopila la información acerca de que es un faceplate, un template y la descripción de los mismos, dando a conocer de manera detallada los componentes del faceplate y una vista general de cómo se lleva a cabo el tratamiento de la información en el diagrama de control simplificado.

En el quinto capítulo se trata el tema de las comunicaciones resaltando las ventajas del protocolo de comunicación Modbus en cuanto a eficiencia y practicidad, se muestra como se realizo el direccionamiento en el IACC como también la escritura de datos desde el IA hacia el PLC y viceversa.

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología nos permite diseñar diferentes sistemas que nos dejan tener el control sobre un proceso o un dispositivo. El control automático ha desarrollado un papel muy importante en el avance de la ingeniería y la ciencia desde principios del siglo XX. En la actualidad, además de su gran importancia en los sistemas de vehículos espaciales, sistemas robóticos y análogos, el control automático se ha convertido en una parte importante de los procesos industriales y de fabricación. Por ejemplo, el control automático es esencial en el diseño de automóviles y camiones en la industria auto-motriz, en el control numérico de las máquinas herramientas de las industrias de manufactura y en el diseño de pilotos automáticos en la industria aeroespacial. También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso. Como los avances en la teoría y la práctica del control automático proporcionan los medios para conseguir un comportamiento óptimo de los sistemas dinámicos, mejorar la productividad, simplificar el trabajo de muchas operaciones manuales repetitivas y rutinarias, así como de otras actividades, la mayoría de los ingenieros deben tener un buen conocimiento de este campo.

El objetivo general es diseñar un nuevo Faceplate de diálogo con el operador para el mando de motores a través del PLC, básicamente la aplicación para el mando de los motores del I/A de Planta Pulpa (P1) mostraba muy poca o ninguna información sobre el estado de los motores en la estación de operación, por lo que para verificar cuando un motor no arrancaba era necesario revisar la lógica en el PLC o en los bloques I/A lo que generaba tiempos perdidos ya que estos chequeos necesitan entrenamiento o accesos de seguridad de mas nivel a los sistemas.

Específicamente se rediseñó la estrategia de control organizando las variables contenidas en el diagrama LADDER, con el fin de determinar las ordenes de los motores y el estado de los motores, se diseñó la interfaz (HMI) para permitir el control de los motores de Planta Pulpa, se Indicó de forma rápida y sencilla si un motor estaba en falla o si al menos un interlock estaba bloqueado lo que le permitirá al operador y al personal de mantenimiento tomar acciones de forma rápida y se minimizó el tiempo de normalización ante un evento.

Con la investigación y el diseño realizado en este proyecto en particular se realizó una modernización de la planta de pulpa la cual abastece de materia prima a la planta de máquinas que son las encargadas del papel que finalmente es el objetivo de producción.

Con los resultados de este proyecto se verán directamente beneficiados en primer lugar PROPAL, porque estará modernizando una parte importante en el proceso de la producción de la pulpa (materia prima), lo que hará que los tiempos perdidos en los chequeos de los elementos finales de control (en este caso los motores) se minimice.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 PLC's.

Los **CLP** o **PLC** (*Programmable Logic Controller* en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial, en este caso en particular se llevara a cabo la programación en la herramienta RSLogix 500, y se montará sobre un PLC SLC500 de Rockwell Automation,

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los **PLC** no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los *PLC* actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operándos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de

comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

Los PLC están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos en procesos industriales en la manufactura donde el coste de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el coste de la automatización, y donde van a existir cambios en el sistema durante toda su vida operacional. Los PLC contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechos a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez. Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que pueda ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLC ya no tienen un precio alto. Los PLC actuales tienen todas las capacidades por algunos cientos de dólares.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, "proporcional, integral y derivadas" o un controlador PID. Un bucle PID podría ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo.

Históricamente, los PLC's fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos claras. Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- RS232C
- RS485
- RS422
- Ethernet

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. De estos protocolos los más conocidos son:

- Modbus
- CAN Bus
- Profibus

Muchos fabricantes además ofrecen distintas maneras de comunicar sus PLC con el mundo exterior mediante esquemas de hardware y software protegidos por patentes y leyes de derecho de autor.

1.2 DCS's

Un sistema de control distribuido (DCS) se refiere a un sistema de control por lo general de un sistema de fabricación, proceso o cualquier tipo de sistema dinámico, en la que los elementos no están en la ubicación central (como el cerebro), sino que se distribuyen en todo el sistema con cada uno de los componentes sub-sistema controlado por uno o más controladores. Todo el sistema de controladores está conectado por redes para la comunicación y la supervisión.

DCS es un amplio término que se utiliza en una variedad de industrias, para vigilar y controlar los equipos distribuidos.

- Las grandes redes de energía eléctrica y plantas de generación eléctrica.
- Sistemas de control ambiental.
- Las señales de tráfico.
- Sistemas de gestión del agua.
- Plantas de refino de petróleo.
- Plantas químicas.
- La industria farmacéutica.

Un DCS esta normalmente diseñado como procesadores de controladores y aplicaciones tanto de propiedad interconexiones y protocolos para la comunicación. La entrada y salida de los módulos forma los componentes del DCS. El procesador recibe la información de módulos de entrada y envía

información a los módulos de salida. Los módulos de entrada recibe información de entrada de instrumentos en el proceso (alias campo) y los módulos de salida transmiten instrucciones a los instrumentos de producción en el campo. Los autobuses eléctricos por ejemplo, conectan el procesador y los módulos a través de multiplexores / demultiplexores. Los autobuses también conectar los controladores distribuidos con el control central y, por último, la interfaz hombre-máquina (HMI) o consolas de control.

Los elementos de un sistema de control distribuido pueden conectarse directamente a los equipos físicos como interruptores, bombas y válvulas o pueden trabajar a través de un sistema intermedio, como un sistema SCADA.

Los Sistemas de Control Distribuido (DCS's) se dedican a los sistemas utilizados para controlar los procesos de fabricación que son continuos o por lotes, como las refinerías de petróleo, productos petroquímicos, la estación central de generación de energía, productos farmacéuticos, fabricación de alimentos y bebidas, la producción de cemento, acero, y papel.

Los DCS's están conectados a sensores y actuadores y la utilización de un punto de control para controlar el flujo de material a través de la planta. El ejemplo más común es un punto de control de bucle que consiste en un sensor de presión, controlador y válvula de control.

La presión o el caudal en las mediciones se transmiten al controlador, por lo general a través de la ayuda de un acondicionamiento de señales de entrada / salida (I / O) del dispositivo. Cuando la variable medida alcanza un cierto punto, el controlador se encarga de una válvula o dispositivo de accionamiento para abrir o cerrar hasta que el proceso de flujo de fluidos alcanza el punto deseado. Las grandes refinerías de petróleo tienen muchos miles de puntos de E / S y emplean un gran DCS's. Los procesos no se limitan a flujo de fluidos a través de tuberías, sin embargo, también pueden incluir cosas como máquinas de papel y de su correspondiente variación de velocidad de motor y centros de control, los hornos de cemento, las operaciones mineras, instalaciones de procesamiento de mineral, y muchos otros.

Los controladores de hoy tienen una amplia capacidad computacional y, además poseen diferentes tipos de controladores tales como el proporcional, integral y derivado (PID), en general, pueden realizar lógica de manera secuencial.

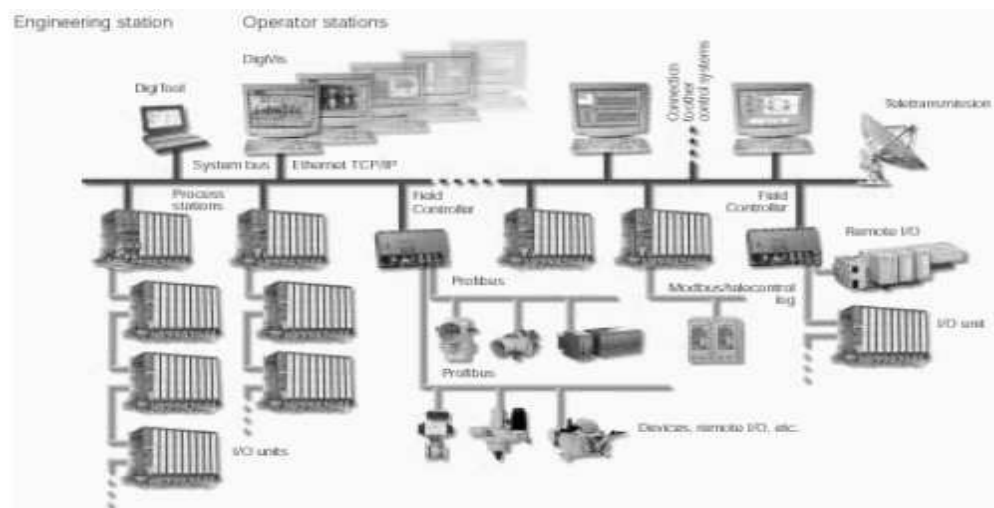
Los DCS's se pueden emplear en una o varias estaciones de trabajo y se pueden

configurar en el puesto de trabajo o por fuera usando computadoras personales en red. La comunicación local es manejada por una red de control con la transmisión de par trenzado, coaxial, fibra óptica o cable. Un servidor y / o procesador de aplicaciones pueden incluirse en el sistema computacional, la recogida de datos, informes y capacidad.

1.2.1 Arquitectura DCS

- Los dispositivos de campo se cablean uno a uno hasta los gabinetes con tarjetas de entrada y salida.
- Las redes de comunicación utilizadas son propietarias de cada marca.
- Las terminales HMI y de Ingeniería tienen software propietarios y a veces hardware propietario.
- Programación en lenguaje propietario sin posibilidad de migración.
- Todos los componentes del sistema son del mismo proveedor.
- Un solo cable desde cada dispositivo al controlador.
- Mayor distribución de control
- Menor tamaño de controladores
- Utilización de redes de comunicación normalizadas y en estructura jerárquica
- Incorporación de PLC's y otros dispositivos de control en el mismo sistema
- Utilización de software de HMI y de ingeniería estándar

Figura 1: Esquema de un DCS



Fuente: FERREIRA, Fabiana. Controladores de Procesos. Buenos Aires 2006. p.9.

Para esta aplicación llevada a cabo en Propal S.A. se realizó la configuración en la herramienta IACC de FOXBORO I/A SERIES, así mismo, el DCS que se configuró con los nuevos faceplates es un CP70 de FOXBORO.

1.3 BUSES DE CAMPO

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.

Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs/PACs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

1.3.1 Profibus. *Process Field Bus*, es posiblemente el bus de campo industrial con mayor número de nodos instalados, en el año 2004 se calculaba un total de 12,6 millones de nodos. Se trata de una red abierta, estándar e independiente de cualquier fabricante, cuenta con varios perfiles y se adapta a las condiciones de las aplicaciones de automatización industrial.

Fue desarrollada en el año 1987 por las empresas alemanas Bosch, Klöckner Möller y Siemens. En 1989 la adoptó la norma alemana DIN19245 y fue confirmada como norma europea en 1996 como EN50170. En el año 2002 se actualizaron incluyendo la versión para Ethernet llamada **Profinet**.

Este tipo de red trabaja con nodos maestros y nodos esclavos. Los nodos maestros se llaman también activos y los esclavos pasivos.

Además junto con las especificaciones de otros buses de campo se recoge en las normas internacionales IEC61158 e IEC61784.

Características:

- Velocidades de transmisión:

9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500, 1500, 3000, 6000 y 12000 Mbit/s.

- Número máximo de estaciones: 127 (32 sin utilizar repetidores).
- Distancias máximas alcanzables (cable de 0.22 mm de diámetro):

Hasta 93.75 KBAudios: 1200 metros 187.5 KBAudios: 600 metros 500 KBAudios: 200 metros

- Estaciones pueden ser activas (maestros) o pasivas (esclavos).
- Conexiones de tipo bidireccionales, multicast o broadcast.

1.3.2 Modbus. Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. Es público.
2. Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.
3. Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales.

Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con

una suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC). La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP.

Modbus Plus (Modbus+ o MB+), es una versión extendida del protocolo que permanece propietaria de Modicon. Dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado sus especificaciones son muy semejantes al estándar EIA/RS-485 aunque no guarda compatibilidad con este.

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

Existe gran cantidad de modems que aceptan el protocolo Modbus. Algunos están específicamente diseñados para funcionar con este protocolo. Existen implementaciones para conexión por cable, wireless, SMS o GPRS. La mayoría de problemas presentados hacen referencia a la latencia y a la sincronización.

Todas las implementaciones presentan variaciones respecto al estándar oficial. Algunas de las variaciones más habituales son:

- Tipos de Datos
 - Coma Flotante IEEE
 - entero 32 bits
 - datos 8 bits
 - tipos de datos mixtos
 - campos de bits en enteros
 - multiplicadores para cambio de datos a/de entero. 10, 100, 1000, 256.
- Extensiones del Protocolo
 - direcciones de esclavo de 16 bits

- Tamaño de datos de 32 bits (1 dirección = 32 bits de datos devueltos.)

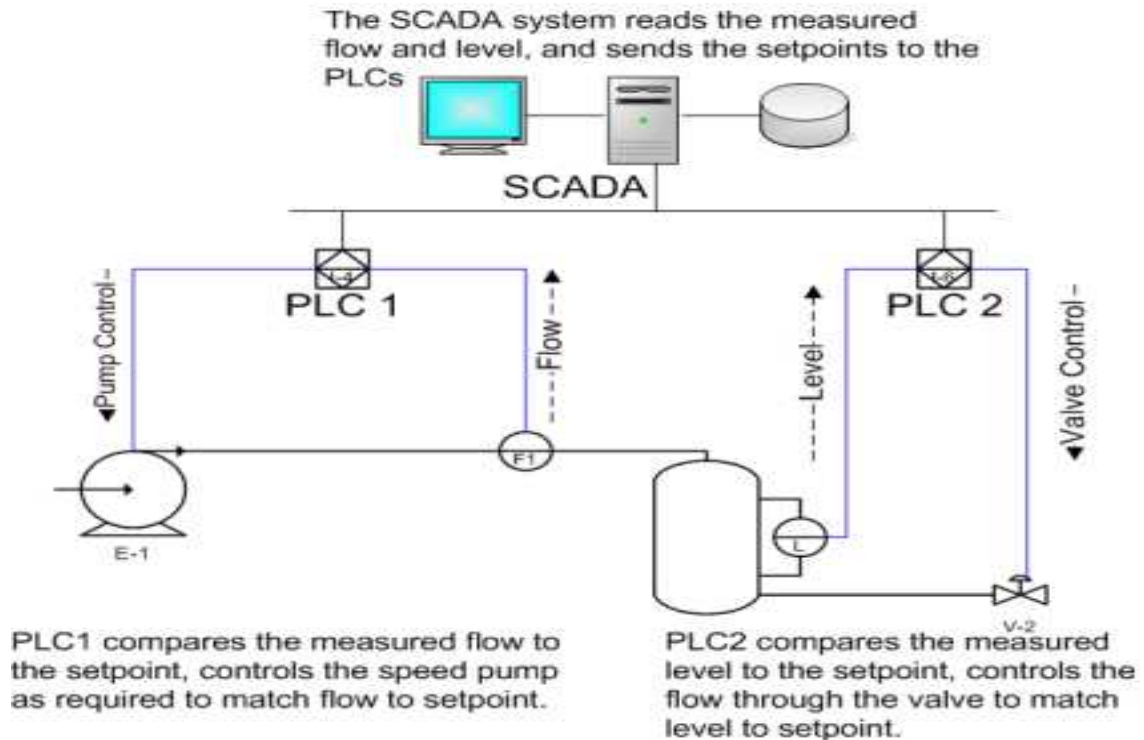
1.4 SCADA.

SCADA, acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition (en español, Control supervisor y adquisición de datos). Se hace referencia a la norma UNE-EN ISO 9241 (parte 10) “principios de dialogo”.

Comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un proceso o planta industrial (aunque no es absolutamente necesario que pertenezca a este ámbito), para que, con esta información, sea posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso, tales como:

- Indicadores sin retroalimentación inherente (no afectan al proceso, sólo al operador):
 - Estado actual del proceso. Valores instantáneos.
 - Desviación o deriva del proceso. Evolución histórica y acumulada.
- Indicadores con retroalimentación inherente (afectan al proceso, después al operador):
 - Generación de alarmas;
 - HMI Human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina);
 - Toma de decisiones:
 - Mediante operatoria humana;
 - Automática (mediante la utilización de sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos).

Figura 2: Diagrama de control SCADA.



Fuente: Wikipedia: la enciclopedia libre [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, 2006. [Consultado 02 de marzo de 2008]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

Este gráfico es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales. Estas áreas pueden ser:

- Procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación);
- Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros);
- Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción CP y CPk, tolerancias, índice de piezas NOK/OK, etc.);
- Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise Resource Planning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más);

- Tratamiento histórico de información (mediante su incorporación en bases de datos).

Un sistema SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina, redes, comunicaciones, base de datos y software.

El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que monitorea y controla un sitio completo o un sistema que se extiende sobre una gran distancia (kilómetros / millas). La mayor parte del control del sitio es en realidad realizada automáticamente por una Unidad Terminal Remota (UTR) o por un Controlador Lógico Programable (PLC). Las funciones de control del servidor están casi siempre restringidas a reajustes básicos del sitio o capacidades de nivel de supervisión. Por ejemplo, un PLC puede controlar el flujo de agua fría a través de un proceso, pero un sistema SCADA puede permitirle a un operador cambiar el punto de consigna (set point) de control para el flujo, y permitirá grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura. La realimentación del lazo de control es cerrada a través del RTU o el PLC; el sistema SCADA monitorea el desempeño general de dicho lazo.

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como UTR, RTU o Estaciones Externas).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación.

1.4.1 Unidad de Terminal Remota (UTR). La UTR se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo la UTR puede enviar señales que pueden controlarlo (abrirlo, cerrarlo), intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba.

La UTR puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos.

Una de las partes más importantes de la implementación de SCADA son las alarmas. Una alarma es un punto de estado digital que tiene cada valor NORMAL o ALARMA. La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten. Un ejemplo de una alarma, es la luz de “tanque de combustible vacío del automóvil”. El operador de SCADA pone atención a la parte del sistema que lo

requiera, por la alarma. Pueden enviarse por correo electrónico o mensajes de texto con la activación de una alarma, alertando al administrador o incluso al operador de SCADA.

1.4.2 Estación Maestra. El término "Estación Maestra" se refiere a los servidores y el software responsable para comunicarse con el equipo del campo (UTR's, PLC's, etc.) en estos se encuentra el software HMI corriendo para las estaciones de trabajo en el cuarto de control, o en cualquier otro lado. En un sistema SCADA pequeño, la estación maestra puede estar en un solo computador, A gran escala, en los sistemas SCADA la estación maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de desastres.

El sistema SCADA usualmente presenta la información al personal operativo de manera gráfica, en forma de un diagrama de representación. Esto significa que el operador puede ver un esquema que representa la planta que está siendo controlada. Por ejemplo un dibujo de una bomba conectada a la tubería puede mostrar al operador cuanto fluido esta siendo bombeado desde la bomba a través de la tubería en un momento dado. El operador puede cambiar el estado de la bomba a apagado. El software HMI mostrará el promedio de fluido en la tubería decrementándose en tiempo real. Los diagramas de representación pueden consistir en gráficos de líneas y símbolos esquemáticos para representar los elementos del proceso, o pueden consistir en fotografías digitales de los equipos sobre los cuales se animan las secuencias.

El paquete HMI para el sistema SCADA típicamente incluye un programa de dibujo con el cual los operadores o el personal de mantenimiento del sistema pueden cambiar la apariencia de la interfaz. Estas representaciones pueden ser tan simples como unas luces de tráfico en pantalla, los cuales representan el estado actual de un campo en el tráfico actual, o tan complejo como una pantalla de multiproyector representando posiciones de todos los elevadores en un rascacielos o todos los trenes de una vía férrea. Plataformas abiertas como Linux que no eran ampliamente usados inicialmente, se usan debido al ambiente de desarrollo altamente dinámico y porque un cliente que tiene la capacidad de acomodarse en el campo del hardware y mecanismos a ser controlados que usualmente se venden UNIX o con licencias OpenVMS. Hoy todos los grandes sistemas son usados en los servidores de la estación maestra así como en las estaciones de trabajo HMI.

1.4.3 Infraestructura y Métodos de Comunicación. Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas, seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica

1.5 INTERFAZ HOMBRE – MAQUINA (HMI).

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples sistemas remotos, PLC's y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática. Históricamente los PLC no tienen una manera estándar de presentar la información al operador.

La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde el PLC o desde otros controladores y se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada.

Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas.

Desde cerca de 1998, virtualmente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, muchos de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLCs, incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, eléctricos y técnicos para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software.

SCADA es popular debido a esta compatibilidad y seguridad. Ésta se usa desde aplicaciones pequeñas, como controladores de temperatura en un espacio, hasta aplicaciones muy grandes como el control de plantas nucleares.

2. PROCESO PLANTA DE PULPA.

2.1 GENERALIDADES

El material para la obtención de pulpa es muy variado en cuanto a especies y dimensiones se refiere. Va desde las especies latifoliadas o de fibra corta, hasta coníferas de fibra larga. Otros materiales ligninocelulósicos también son empleados en esta industria, como el bagazo de caña, también muy desarrollado en el sector paplero. (Propal). Los tamaños y dimensiones van desde los troncos traídos del bosque hasta la cantonera de aserrío. Gran parte de la madera empleada en la fabricación de pulpa procede de la región del pacífico, unas 20.000 toneladas mensualmente donde se encuentran 120 especies y solamente se descartan las de baja densidad, peine mono, y las de exudaciones, como el sande. También se está produciendo el uso de tablilla para la obtención de astilla para la cual emplea otro tipo de picadora, la de alimentación horizontal. El sistema de medida, en el bosque de la materia prima es el estéreo 1 m x 1 m x 1.5 m de alto. Ya en la fábrica la madera se pesa en básculas automáticas para llevar un record en tonelaje. La madera se almacena en "Patios de maderas" en pilas que faciliten el tránsito de tractomulas y tractores y así mismo el inventario de existencias. Su disposición también permite controlar cualquier incendio. El promedio de duración en el patio de maderas de este material es de unos 4 meses lo que ocasiona con frecuencia rajaduras en los troncos y exceso de pérdida de humedad lo que dificulta el picado de la madera, y la duración de las cuchillas de la picadora. Una condición para recibir la madera en planta es que venga ya descortezada del bosque ya que ésta corteza dificulta los procesos de pulpeo y encarece los costos de producción. Además es portadora de sílice y químicos que por un lado afecta el picado de la troza y por otro mancha la pulpa con sus colorantes.

Las trozas son transportadas a la picadora, por medio de bandas transportadoras automáticas con el fin de convertirlas en astillas para lograr una rápida y completa saturación de las mismas con los licores de cocimiento. Básicamente el chipper consiste en un disco rotatorio de acero donde van colocadas 10 - 15 cuchillas. Los troncos entran con una inclinación de 45° por medio de un canal hacia el disco donde son reducidos a astillas de 5/8 a 3/4 de pulgada en cuestión de segundos. El cambio de las cuchillas depende del tipo de madera que se esté picando y del estado de ésta. El cambio de estas puede ser hasta de dos veces por turno.

Las astillas tal como vienen traen aserrín, bordes, y astillas muy grandes lo que hace necesario clasificarlas. El llamado material fino incluye el aserrín, astillas de 1/4 y 1/8 de longitud. Los llamados materiales grandes son separados por medio

de zaranda y nuevamente repicados. Los finos pueden ser llevados a los digestores, lo que ocasiona mayores demandas de licor de cocimiento, o emplearse en la producción de energía. Las astillas que han sido aceptadas por las zarandas son enviadas al patio de astillas por medio de transportes mecánicos o neumáticos. Los sistemas neumáticos son muy efectivos pero tienen la desventaja de consumir mucha energía. El almacenamiento de astillas se hace en patios donde los cuidados a observar son los mismos que para las astillas empleadas en la fabricación de tableros de fibra. El almacenar astillas en pilas es mucho más ventajoso que el almacenar la madera sólida por el manejo y espacio que ocupan. Entre las ventajas podemos enumerar las siguientes:

- Reduce los costos de manejo hasta un 50% con relación a la madera sólida.
- Mas madera puede ser almacenada por aros, altura de las pilas y espacios entre pilas.
- Mayor rendimiento que el que se obtiene a partir de madera rolliza por la pérdida de finos y descortezado después de secas.
- Las especies pueden ser almacenadas en pilas apartes sin problemas de instalación y gastos de operación.
- Hasta cierto punto el almacenaje de astillas permite ver un daño de insectos u hongos más fácilmente.
- Los daños después de largos períodos de almacenaje no son críticos en ciertas regiones (clima templado).

Las desventajas que se pueden enumerar son las siguientes:

- Los finos o aserrín pueden ocasionar graves problemas si no se controlan.
- Por ejemplo cubrir líneas de energía eléctrica, insuladores y transformadores ocasionando relámpagos cuando llueve. El aserrín se deposita en edificios, carros y pisos.
- Los ruidos ocasionados por las picadoras pueden molestar a las habitantes de la zona.

Figura 3. Proceso de limpieza del bagazo.



2.1.1 Introducción al pulpeo. Las maderas y otros materiales fibrosos son convertidos en fibras para la producción de papel por varios métodos de pulpeo. Dependiendo de la maquinaria y la acción emprendida los materiales pueden ser molidos, cocidos, desfibrados, delignificados o refinados para obtener pulpa. En la manufactura de pulpa se emplean un sin número de operaciones tales como absorción de gas, evaporación, extracción y filtración que son comunes a muchos otros procesos industriales. El conocimiento por áreas de estudio como transmisión de calor y fluidos así como también de fisicoquímico y termodinámica, cinética y coloides contribuye al entendimiento de los procesos incluidos en la fabricación de pulpa y papel. Hay ciertas fases de este campo que lo diferencian de otros procesos de conversión como es el de las propiedades y comportamiento del material fibroso y de los productos derivados de ellos; pulpa de fibra corta, menor resistencia que pulpa de fibra larga. Esta es la razón por la cual la física, la química y la anatomía de estos materiales deben ser conocidas. Por otro lado, el conocimiento de la química de la madera y su comportamiento bajo la acción de ácidos, alcalis y agentes oxidantes son de mucha ayuda para la interpretación de la transformación de la pulpa y el blanqueo. Por ejemplo la lignina es un material hidrófobo lo que no permite una acción del agua con relación a ella, mientras que la celulosa es un material hidrófilo, lo que permite enlaces entre las fibras que es lo que se busca para obtener buena resistencia y superficie. Es importante además destacar que las condiciones finales de las fibras están influenciadas por los tratamientos de pulpeo.

El color de la pulpa es un atributo de gran importancia comercial de la misma.

Lo económico y lo fácil que ella sea blanqueada depende del tipo de extensión de la acción de pulpeo empleada. La celulosa en si es blanca; pero pulpas comerciales sin blanquear son oscuras. También la lignina sin alterar es menos oscura, por ejemplo se presenta en las coníferas donde 30% es lignina, (6) que el color mismo de la pulpa es blanquear; lo que nos explica que el oscurecimiento se debe a cambios que sufre la lignina durante la operación debido a reacciones químicas. La madera también sufre cambios de color con la acción de agentes atmosféricos.

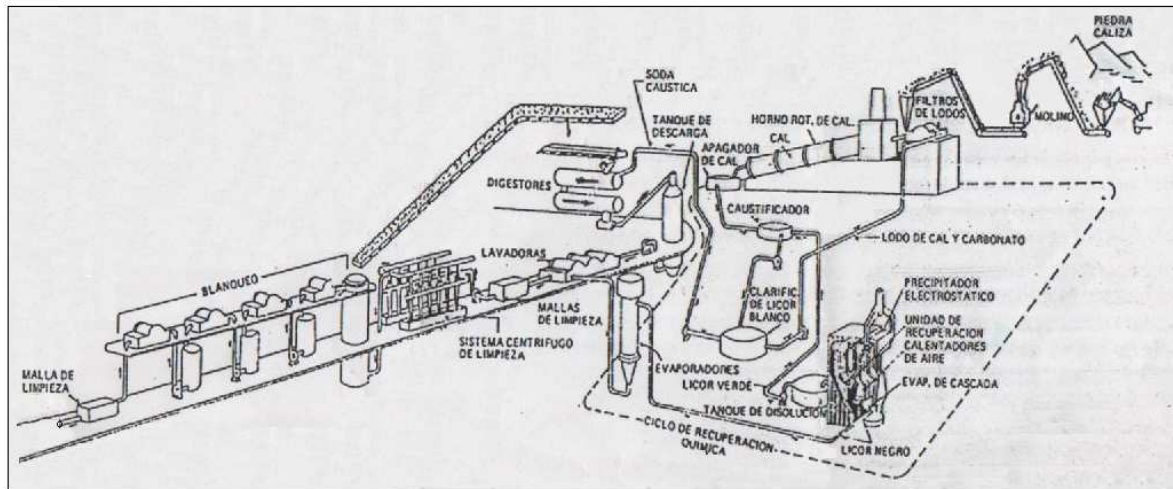
En la preparación de la pulpa el objetivo primordial es eliminar la lignina con el fin de lograr cierta estabilidad al color, resistencia a la humedad y permite el enlace entre fibras para obtener resistencias. La mayoría de los procesos logran esta eliminación de lignina por medio de compuestos clorinados.

Actualmente la industria de la pulpa y el papel utiliza un amplio rango de especies donde antiguamente se utilizaban las de fibra larga para la obtención de pulpa al sulfito y mecánicamente y las de fibra corta se pulpeaban con soda.

Bajo estas condiciones limitantes el proceso de pulpeo se clasificó como mecánica, sulfito, soda, y kraft (sulfato). La misma clasificación ha sido obtenida durante muchos años con algunos adelantos en la industria como las diversas pulpas kraft obtenidas a partir de bagazo, bambú y muchas otras especies. Diferentes tipos de pulpa pueden ser obtenidas a partir de maderas de fibra corta usando una simple variación en el sistema químico como por ejemplo el sulfito-bisulfito. Otro adelanto importante es el de obtener pulpa a partir del método termo mecánico del cual se habló en el proceso de obtención de fibra para fabricación de tableros.

En el campo de la pulpa se hace bastante referencia a su color y resistencia, conceptos que envuelven el término de control de calidad. Lo anteriormente expuesto nos remite a la importancia que debe dársele a este aspecto durante todas las etapas que comprende la manufactura de pulpa.

Figura 4. Proceso de blanqueamiento de la pulpa



2.1.2 Separación de las Fibras. Como se ha dicho, las fibras están unidas, en la madera y otros materiales fibrosos, por fuerzas adhesivas propias de polímeros intercelulares (lignina y carbohidratos). Decir simplemente que la lignina es la responsable del total ligamento del material celulósico no es del todo satisfactorio ya que durante el pulpeo muchos otros compuestos químicos son removidos. Durante el proceso mecánico donde la lignina no es removida la separación de las superficies ocurre entre fibras y a través de las fibras y sus paredes. Como se deduce la pulpa depende de la forma y cantidad de energía que acompaña la separación o subdivisión. La combinación de energía mecánica y química también es utilizada. En general, cuando solo energía química es utilizada una completa separación se puede lograr mientras que con la mecánica y semiquímica (combinación de procesos químicos y mecánicos se obtienen fibras enteras, fibras dañadas, manojos de fibras y fragmentos. Pulpas de diversas propiedades se pueden producir con la aplicación de las dos energías y su combinación. Cuando la madera es sólida mecánicamente el material fibroso producido no es uniforme en forma y tamaño. La separación ocurre en la superficie de la fibra y sus paredes. Si por otro lado la madera es primero sometida a tratamiento con hidróxido de sodio diluido y luego tratada mecánicamente se observará que una energía mecánica en menor cantidad ha sido empleada para defibrar. La energía química suministrada durante el tratamiento alcalino ha roto algunas fuerzas adhesivas intercelulares (proceso de soda fría). En el producto así obtenido se evidencia una mayor uniformidad en las fibras y se pueden observar fibras completamente separadas comparadas con las obtenidas en el primer caso. El rendimiento de fibras es más bajo que el mecánico (90%).

Efectos similares de separación pueden ser alcanzados tratando la madera con solución de sulfito de sodio bajo altas temperaturas y presiones y luego moliendo contra una piedra (se obtienen rendimientos del 85 - 90%).

El tratar las astillas con sulfito de sodio bajo presión y temperatura (170° C.) disuelve más la lignina y los carbohidratos permitiendo así separar más fácilmente las fibras con un gasto mucho menor de energía mecánica. (Se obtienen rendimientos de 65 - 80%).

En el verdadero proceso químico (sulfito, kraft y soda) la separación de las fibras es llevada a cabo con sólo energía química bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura.

El rendimiento de este tipo de proceso varía de 35 - 50%. Los rendimientos más bajos son obtenidos en la producción de pulpas solubles (celulosa química) las cuales después de ulteriores tratamientos son utilizadas para la producción de celofán, lacas, rayón y otros productos relacionados con la celulosa.

2.1.3 Procesos Comerciales. La gran mayoría de las pulpas comerciales son producidas por medio de pocos químicos conteniendo azufre, oxígeno y álcalis. Estos existen en diferentes estados químicos.

Tabla 1: Sistema de pulpeo para diversos procesos comerciales.

CLASE DE QUIMICOS EN SOLUCION DE AGUA			
PULPEO ACIDO		PULPEO NEUTRO	PULPEO ALCALINO
1	4.5	7	14
SO ₂	HS ₃	SO ₃	SH
HSO			OH
H			
BASES SOLUBLES			
Na			
NH (no se utiliza para los sistemas alcalinos y neutros)			
BASES DE LIMITADA SOLUBILIDAD			

Mg		
Ca++		
PROCESOS		
Sulfito acido	Neutril sulfito semiquimico (NSSC)	Frart (sul-Na+s--SH-OH)
sulfito de alte rendimiento	Maganefito	kraft semiquimico

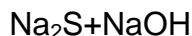
Como se observa en el cuadro anterior los compuestos de azufre son ampliamente empleados en todos los rangos de pH. La interacción de esos compuestos de azufre, con la lignina en interacción con la tasa de hidrólisis gobernada por el pH, controla el curso de la acción de pulpeo. La acción de los efectos de la hidrólisis ácida es aminorada mientras el pH del sistema de pulpeo es mantenido cerca a la neutralidad. Bajo esas condiciones, una hidrólisis de la lignina y carbohidratos es llevada en una forma mucho menor. Se deduce entonces que pulpas de altos rendimientos resultan de los sistemas sulfito neutros. Las maderas latifoliadas, que generalmente poseen alto contenido de celulosa y menores cantidades de lignina comparadas con las coníferas, son las especies llamadas a procesos por medio de sistemas neutros sulfito.

A niveles altos de pH muchas de las hemicelulosas (de cadena corta) son disueltas en los licores de cocimiento. Las maderas que contienen altos porcentaje de resinas y grasas se pulpean mejor por medios alcalinos ya que estos compuestos son solubilizados por saponificación.

La composición del licor de cocimiento, concentración, temperatura, tiempo, presión y pH son las variables más estudiadas en la reacción del pulpeo. La composición del licor el pH están relacionadas como se mostró en el cuadro anterior. La composición del licor ácido de sulfito esta afectado por la presión y la temperatura debido a la presencia de componentes volátiles como dióxido de azufre. El movimiento del licor de cocimiento en la madera es uno de los más importantes factores en los procesos químicos y semiquímicos. En general, debe ser alcanzado antes de las máximas temperaturas de reacción. El movimiento del licor en la madera (astillas) está afectado por varios factores como concentración, pH, y la misma composición del licor, la densidad, especie y estructura de la madera, y por último de las condiciones de presión – temperatura, mantenidas durante el proceso. En los procesos químicos de pulpeo completos (sulfito, kraft y soda) cerca de la mitad de la madera es disuelta y el rendimiento de la pulpa es del 50% o menos.

El proceso alcalino permite una recuperación del licor de cocimiento empleado (licor negro) concentrándolo por evaporación y luego quemándolo. Durante esta combustión, de compuestos orgánicos (sólidos que originan gases) y el licor de cocimiento, es recuperado de los compuestos inorgánicos, no combustibles, los cuales fueron adicionados durante el proceso inicial por ejemplo:

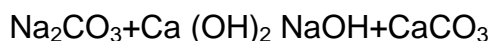
Químico activo cargado:



Residuo:



Caustificación:



2.1.4 Pulpa al sulfito. La historia del proceso de pulpeo al sulfito se remonta a 1875 cuando se estableció la acción del ácido sulfuroso sobre la madera y su material fibroso por medio del químico Tilghman en Pennsylvania. En 1867 se inscribió la primera patente para este método. El sueco Ekman contribuyó al desarrollo de este método por sus estudios de laboratorio hacia 1872.

Se produce entonces pulpa al sulfito en una forma comercial en 1882 en los E. U. Por muchas décadas este proceso fue el más importante en todo el mundo hasta los años 30 cuando el proceso Kraft pasó a ser el líder a causa de su habilidad para pulpear especies resinosas como pinos así como también para otras especies no pulpeables por el método del sulfito. La invención de los métodos del blanqueo para los procesos Kraft contribuyó a su desarrollo.

2.1.5 Química del Proceso. A causa de su gran importancia comercial el método del sulfito ha sido materia de mucha investigación. La reacción primaria en el proceso del sulfito es la formación de ácidos ligninosulfónicos al unirse los iones de sulfito y la lignina en presencia de una base. La rata de sulfonación ocurre en una forma proporcional a la concentración del ion sulfito y la temperatura. El ácido o sal de ligninosulfonato representa el 65% de sólidos en el licor negro. En la presencia de ácidos fuertes y a elevadas temperaturas la lignina es policondensada en compuestos, que dan ese color oscuro de la pulpa insoluble. En la presencia de una base que puede ser calcio, amonio, magnesio o sodio el sistema es neutralizado para suspender en parte la policondensación de

la lignina. En este proceso la tasa de temperatura debe ser controlada, la cual se lleva a cabo en muchas fábricas en forma automática. Es reconocido que el proceso ácido sulfito no es aplicable a todas las especies, en particular a los pinos y muchas frondosas. La dificultad de pulpeo radica en que los pinos poseen muchos compuestos fenólicos que inhiben la reacción de sulfonatación, de la lignina. Igualmente las especies con muchas grasas y resinas obstruyen la penetración del licor en gran parte. El rendimiento de este proceso cuando se cocinan astillas de pino es del orden del 44 al 46% basado en madera seca. Este bajo rendimiento se debe a que es imposible el aislar la lignina completamente sin alterar la celulosa. La pulpa así obtenida contiene lignina en una proporción de 2 a 5%. Este tipo de pulpeo se emplea para la obtención de papeles de alto brillo o blancura. El cocimiento de las astillas se lleva a cabo en digestores de acero a presión. El tamaño común de estos es de 15 pies de diámetro y 50 pies de alto con base plana y fondo cónico. La capacidad puede ser de 12 a 15 toneladas de pulpa. También se han construido digestores de 35 toneladas. Las fábricas de pulpa normalmente tienen un área destinada para el montaje de estos digestores los cuales varían en número de acuerdo a la capacidad de producción de la planta. Las astillas entran por la parte superior las cuales deben quedar dispuestas dentro del mismo de tal forma que permitan la circulación de licor y mantener la temperatura uniforme.

Luego se bombea ácido caliente desde un acumulador a alta presión y el aire allí presente es sacado por medio de una válvula de escape, por donde también son expulsados los gases presentes en la madera. Las condiciones de temperatura y presión deben obedecer a un horario predeterminado controlado manual o automáticamente. La máxima presión es de 90 a 110 lb/pulg² y el rango de temperatura es de 125 a 160°C con un tiempo total de cocimiento de 6 a 12 horas con unas 2 o 3 horas para alcanzar la máxima temperatura de cocimiento. El final del cocimiento está indicado por el oscurecimiento del color del licor de cocimiento.

La pulpa de allí es bombeada al tanque de desfogue cuyo tamaño varía de acuerdo a la capacidad de un digestor. Puede ser construido de madera, concreto o acero. En el fondo una malla de orificios de 1/8 a 3/32 de pulgada filtra la pulpa cuando es bombeada a la zaranda (screen) De la carga del digestor de 1 a 6% son materiales indeseables como nudos, astillas sin cocinar, mugre y corteza así como también manojo de fibras razón por la cual la pulpa debe ser filtrada o zarandeada con el fin de obtener pulpa libre de impurezas. Esta operación se lleva a cabo a una consistencia de 0.75 a 1.25%. La pulpa es lavada con el fin de eliminar los químicos que hayan podido quedar en ella y detener así reacciones posteriores. Esta operación es llevada a cabo en lavadoras que están revestidas de mallas con el fin de permitir el drenaje del agua empleada para esta operación. El lavado se lleva a cabo a una consistencia de 2.5 a 3%. La pulpa lavada puede

ser almacenada en tanques de alta consistencia o ser bombeada directamente a los tanques para el proceso de blanqueo el cual incluye la remoción de la lignina residual mediante la utilización del hipoclorito de sodio.

2.1.6 Pulpa alcalina. La creciente demanda de papel durante el siglo XIX originó una serie de investigaciones para encontrar un método económico para la obtención de fibra. La introducción del sulfato de sodio en la manufactura de pulpa por parte del alemán Dahl demostró que se podía obtener una pulpa económica y en una forma muy rápida de características muy resistentes. La nueva pulpa se llamó “Kraft” que en alemán quiere decir fuerte. El proceso es también comúnmente llamado “al sulfato”. La forma comercial de pulpa kraft, es muy económica, salvo que presenta un problema en lo que a color se refiere ya que es muy oscura lo limita su utilización en la producción de papeles finos. El blanqueo de esta pulpa en el debilitamiento de las fibras. La resistencia superior de las pulpas kraft ha sido de los factores que han motivado el desarrollo de la misma en los últimos 80 años. Los equipos y métodos de operación se han estandarizado de tal manera, que aunque otro sistema comercial de pulpeo más productivo pudiera establecerse, ninguna compañía quiere correr los riesgos de inversión la cual es bastante elevada.

Algunos factores que influyen en el establecimiento de plantas para la producción de pulpa al sulfato son:

- Alta resistencia de la pulpa.
- Facilidad de pulpeo con la mayoría de las especies.
- Escogencia económica de materia prima para los licores de cocción.
- Disponibilidad de equipos estándar para el proceso.
- Libertad de escogencia del método de blanqueo para producción de diversos papeles.
- Baja polución de afluentes.
- Recuperación eficiente de químicos.
- Recuperación eficiente de energía.
- Reducidos problemas de resinas con ciertas especies.
- Versatilidad para producir diversos tipos de pulpas y satisfacer demandas.

Algunas desventajas son:

- Polución del aire (mecaptanos).
- Color oscuro de la pulpa sin blanquear.
- Inversión elevada en la recuperación de químicos.
- Costos elevados de blanqueo.

- Bajo rendimiento de pulpa en porcentaje de madera usada comparada con el proceso sulfito.

La pulpa al sulfato es ampliamente utilizada para elaboración de papel también llamado kraft empleado en la manufactura de sacos de papel, cajas de cartón corrugado medio y muchos papeles finos gracias a la introducción de un químico muy corrosivo para el blanqueo como lo es el dióxido de cloro.

2.2. DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso de pulpeo al sulfato emplea una solución alcalina de hidróxido de sodio y sulfito de sodio, llamado licor blanco, para remover la lignina de la madera. La mezcla de madera, químico, licor, es cocinada en los digestores calentados por medio de vapor. Cuando el proceso de cocimiento se cumple la pulpa es bombeada al tanque de desfogue donde las astillas son desintegradas. La pulpa es luego lavada para eliminar el licor negro. El filtrato contiene químicos y sustancias disueltas de la madera los cuales son concentrados y quemados. Las partes disueltas de la madera son quemadas generando vapor y los químicos son disueltos en agua para formar el llamado licor verde. Este licor verde es tratado con cal para obtener nuevamente hidróxido de sodio. La pulpa después de haberse separado el licor negro es zarandeada para eliminar los nudos y partes de madera insolubles, haz de fibras y otro extraño material. Esta es luego blanqueada y enviada a los molinos par formar el papel. La pulpa puede ser mecánicamente tratada para obtener mejor defibración. El punto hasta donde la pulpa puede ser mecánicamente tratada es variable. Algunos molinos hacen la operación de refinados antes de lavar la pulpa otros después de lavada. En nuestro medio se refina antes de lavar la pulpa.

Gran adelanto se ha alcanzado en los equipos para desfibración mecánica lo que ha incrementado el rendimiento del proceso desde un 48 a 60%. Las reacciones que se dan entre la madera y los licores alcalinos de cocimiento son extremadamente complejas y no muy claras del todo. Los licores residuales (negro) tienen dos clases de derivados de precipitados por ácidos denominados como lignina A y lignina B. Ambos poseen más ácidos hidróxil que los de la lignina nativa. Bajo las condiciones de cocimiento se forman grupos hidróxil adicionales, posiblemente por la hidrólisis de los metóxil, de los anillos de pirano o furano abiertos o por el rompimiento de un enlace de la lignina y los carbohidratos. Durante el proceso alcalino el ataque químico de las hemicelulosas y lignina ocurre casi simultáneamente, la presencia de Na_2 en el licor de cocimiento incrementa la tasa de delignificación y también la retención de grandes cantidades de pentosanós en la pulpa.

Varios investigadores han declarado que el pulpeo kraft es una reacción topoquímica es decir que se desarrolla en etapas sucesivas en diferentes áreas de la sustancia madera. Así la lignina de la lámina media es totalmente afectada por los químicos mientras que la lignina de la pared celular es afectada en una tasa bastante lenta. En cambio en un proceso al sulfito la reacción es simultánea en toda la lignina.

El tradicional método de cocimiento kraft emplea digestores diseñados para soportar presiones de 150 lbs/pulg².

Un tamaño común puede ser 12 pies de diámetro y 45 pies de altura que equivale a un volumen de 4.000 pies³. El calentamiento del digestor se lleva a cabo por inyección de vapor. La temperatura máxima de cocimiento está entre 170 y 176°C y la presión varía de 100 a 135 lbs/pulg². El ciclo completo de cocimiento puede durar desde 2 1/2 horas hasta 5 horas para pulpas de blanqueo. El digestor es descargado de aire y gases no condensables durante la etapa inicial de calentamiento.

También se utilizan los llamados digestores continuos para la obtención de pulpa de grado más bajo. Su introducción al mercado se llevó a cabo en 1950 por la firma Kamyr. Hoy en día se encuentran en servicio digestores continuos de capacidad de 400 toneladas/día. Cinco millones de toneladas de pulpa kraft se fabrican anualmente mediante la operación de estos digestores. Las razones por las cuales se emplean estos digestores son variadas. Por ejemplo los bajos costos de inversión, costos reducidos de labor, los digestores por cochada o estacionarios requieren más operarios, es menos corrosivo porque permanece presurizado y la temperatura es uniforme en todas las partes del digestor lo cual evita la corrosión. Como su nombre lo indica la operación se lleva a cabo de una forma continua mediante una cadena transportadora de astillas que hace un recorrido por el licor de cocimiento. La presión dentro del digestor es mantenida en 165 lbs/pulg² y la temperatura es de 240°C. La pulpa es enviada a la lavadora para luego ser almacenada en patios o tanques de alta consistencia.

2.3 PULPA SEMI-QUIMICA Y PULPA SEMI-MECANICA

Los procesos semiquímicos y químicos mecánicos fueron ideados con la finalidad de ampliar el uso de las maderas duras en la fabricación de pulpa donde las coníferas no existían o para reemplazarlas. La idea fue mencionada por Mitscherlich en 1874. El desarrollo práctico y comercial de esta industria se hizo realidad en 1925 mediante las patentes de Rawling y Staidi. La historia del pulpeo semiquímico muestra un progresivo cambio en los equipos usados para las etapas químicas y mecánicas. La química se realizó primero en digestores rotatorios; últimamente se efectúa en digestores continuos. Como se mencionó anteriormente los procesos se fundamentan en la producción de pulpa en dos etapas usando primero energía química y luego energía mecánica.

El proceso químico generalmente implica un cocimiento moderado de las astillas y luego una refinación fuerte de las mismas para obtener fibras libres. La reacción que se efectúa en la etapa química es la sulfonatación de la lignina y la hidrólisis de las hemicelulosas. La lignina sulfonata es parcialmente disuelta y parcialmente alterada para permitir cierta resistencia de los carbohidratos de la pulpa.

Los componentes removidos durante varias circunstancias de pulpeo han sido ampliamente investigados y a continuación se dan algunos resultados.

Análisis para maderas duras

Componente químico de la madera mecánica (soda fría)

Proceso semiquímico

Sulfato A. Sulfito

Tabla 2: Análisis químico y pérdidas en el pulpeo semiquímico y químico-mecánico.

	% en pulpa pérdida		% en pulpa pérdida		% en pulpa pérdida	
Lignina	25 lbs.	100 lbs.	20.7	7	13.8	12.2
Hemicelulos	15.9	10	15.9	12.1	21.1	8.2
Celulosa	56.7		62.1	3.4	62.6	3.0
Extractivos	2.4	2.0	1.3	2.5	2.5	1.6
Cenizas						
Totales		12		25		25

2.4 PULPA MECANICA

El proceso comienza con el envío de trozas descortezadas, al molino, de longitudes desde 16 a 60 pies dependiendo del tipo de molino. Los troncos son convertidos en pulpa mecánica mediante la fricción de estos contra una rueda giratoria. La adición continua de agua es necesaria para mantener una apropiada temperatura. La pulpa así obtenida se pasa a los filtros o clasificadores donde piezas de madera y tiras son retiradas. La pulpa mecánica son haces de fibras, fibras individuales y fibras rotas. El papel que se hace con este tipo de pulpa es grueso, absorbente, opaco y suave. Es poco resistente y propenso al deterioro por acción de la luz del sol. Entre las aplicaciones de esta pulpa esta la fabricación del papel periódico, toallas, kleenex, papel de colgadura y papeles para impresión.

Otro tipo de producción de pulpa es el llamado TERMOMECAÁNICO donde se aprovechan las características plásticas de la madera para lograr el ablandamiento de la lámina media en presencia del calor, agua y alta presión. Este proceso fue ideado por el Sueco Asplun, y el cual tiene amplia aplicación en la manufactura de tableros de fibra. Aunque su rendimiento es bastante elevado, 95% se le critica el elevado consumo de energía tanto en el desfibrado, como en la refinación.

Tabla 3: Valores Promedios de las Pulpas Kraft y Semiquímicas Nacionales.

Pulpa kraft	CSF	F. Rasgado	L. Rotura	F. Mullen
Ciprés	600	103	7870	57
Procecolsa	400	80	10340	72
	300	76	10610	74
	600	160	6620	43
Pino	400	128	8800	60
Procecolsa	300	122	9440	63
Cativo	500	80	6910	42
Barranquilla	400	68	8370	50
C. Colombia	300	62	8990	54
Kraft Trop.	400	104	6840	48
Pulpapel	300	112	8090	56
Kraft Ciprés	600	109	7640	61
Pulpapel	500	83	9540	69
Semiquímica				
Pulpapel	300	74	4420	25

Donde:

CSF. Es el grado de refinación a que ha sido sometida la pulpa.

F. (Rasgado). Es la resistencia de la pulpa al rasgado.

L. Rotura = es la resistencia de pulpa a la rotura (resistencia tensil) mts.

F. Mullen = es la resistencia de la pulpa al estallamiento (kg/cm^2).

Las propiedades físicas que se determinan en la pulpa son Peso básico, calibre y en algunos casos brillantes.

Los valores para ciprés y tropical producida por el método Kraft pueden ser:

Tabla 4: Valores para ciprés y tropical producida por el método Kraft.

	CSF	Peso Básico	Calibre
Ciprés	600	59.6	1.86
	300	58.6	1.81
Tropical	600	60.6	1.33
	300	60.5	1.28

Nota: se entiende por tropical a la mezcla de 120 especies para la producción de pulpa kraft.

2.5 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad que se lleva en los diferentes pasos para la obtención de la pulpa comienza en la selección de las especies a pulpear aunque en forma de los fustes o troncos no deben ser los mejores si se tiene en cuenta el descortezado de los mismos y otros aspectos como el porcentaje de resinas y gomas. Las trozas deben llegar a la picadora, libres de arena y otros objetos metálicos que puedan ocasionar graves daños a las cuchillas. De la clasificación de astillas se habló en párrafos anteriores, sin embargo el contenido de humedad es controlado tres veces por turno, debiendo estar entre 40 y 50%. Con respecto al licor de conocimiento se debe determinar la concentración de químicos cada hora por medio de normas establecidas por la asociación técnica de la industria de la pulpa y el papel (TAPPI). Durante el cocimiento se realizará una prueba a la pulpa con el fin de determinar el grado de delignificación de las astillas por medio de la prueba denominada número KAPPA, el cual nos dice que tan removida ha sido la lignina de la madera. Estos valores deben estar entre 50 y 60 para pulpas kraft

que no se vaya a blanquear y 30 para las que se vayan a someter al proceso de blanqueo. Las pulpas Semiquímicas tienen un número Kappa de aproximadamente 150. Durante el desfibrado es preciso controlar la consistencia y el grado de desfibrado de la pulpa. La consistencia debe ser cerca de 3% y el freenes o desfibrado que se toma cada hora debe estar en 750 CSF. Los valores se pueden regular acercando o alejando los discos refinadores y moderando la consistencia. El proceso de lavado puede ser regulado automática o manualmente. A la salida de la tercera lavadora se controla el porcentaje de sólidos, los cuales deben ser del orden del 12% para un proceso Kraft. De cada turno se toman muestras de la pulpa producida para controlar su calidad donde se evalúan sus propiedades físico-mecánicas. Se mide su calibre para determinar su densidad, su resistencia a la tensión, al estallamiento y al rasgado. Cuando se trata de pulpas semiquímicas que se van a emplear en la manufacturación de corrugado se debe medir su resistencia al aplastamiento. Otra prueba a que se somete la pulpa es la del tiempo de batimiento, la cual consiste en determinar cuanto demora dicha pulpa para alcanzar frenes de 300 y 650 según objetivos de producción, este dato es un indicativo de lo que durará su posterior preparación para la fabricación del papel. La gran mayoría de las pruebas obedecen a métodos internacionales como TAPPI y SCAN.

2.6 PREPARACION DEL STOCK PARA FABRICACION DE PAPEL

La pulpa obtenida de la planta para la fabricación del papel no está todavía lista para la elaboración del papel por muchas razones. Aunque las fibras están saturadas de humedad estas no se adhieren bien cuando se forma y se seca la hoja resultando un papel de baja resistencia. Para obtener papel de buena resistencia es necesario batir la pulpa y refinarla. Las fibras sin este tratamiento también tienen la tendencia de flotar y enredarse, lo que dificulta la formación del papel. Por último, la fibra natural puede producir papel que carece de buena superficie, color y dimensiones. Corrección de estas deficiencias implican la adición de agentes estabilizadores, tintas, pigmentos blancos y coloreados, polímeros naturales y sintéticos de varios tipos y compuestos antiespumantes y anti resinosos. El procesamiento de la fibra y la incorporación de estos aditivos comprenden la preparación del stock. Los papeles producidos hoy día y las cartulinas sirven a tan variados propósitos que es imposible decir que se elaboran sin ninguna clase de aditivos. Por ejemplo los estabilizadores se adicionan con el propósito de hacer resistentes los papeles a ciertos líquidos, tizas y otros pigmentos mejoran la blancura del papel y las propiedades de impresión, almidones y gomas mejoran los enlaces en fibras y su distribución; varios pigmentos sintéticos mejoran su resistencia a la humedad; las tintas y los pigmentos coloreados dan el color deseado del papel. La mayoría de todos esos aditivos son adicionados antes de formar la hoja de papel.

2.7 MAQUINAS PARA LA FABRICACION DE PAPEL

Las máquinas para la elaboración del papel están divididas en dos tipos principales:

- Máquinas de cilindro
- Máquinas Fourdrinier

La máquina Fourdrinier se caracteriza por el uso de una banda de filtro la cual es soportada por una serie de rodillos y un dispositivo horizontal para controlar el proceso de drenaje. Las partes esenciales son:

1. Sistema de distribución del flujo dentro de una corriente igual de ancha a la máquina.
2. Sistema de control de flujo para mejorar su uniformidad, controlar su nivel de turbulencia y los niveles de consistencia en períodos cortos de tiempo, mientras fluye el stock sobre la mesa de la Fourdrinier a una velocidad apropiada de salida.
3. La sección de la mesa Fourdrinier consiste en una armazón sólida necesaria para soportar y permitir andar la banda y facilitar el drenaje por medio de cajas de succión, rollos de succión y otros equipos asociados.
4. Una sección de prensado para recibir la tela húmeda del papel sobre el filtro que lo conduce a los rollos de prensado, reduciendo su contenido de humedad por medio de presión mecánica y corrientes de aire.
5. La sección de secado compuesta por unos cilindros calientes o secadores, para reducir el contenido de humedad permanente en la hoja, o por medio de calor o transferencia de calor.
6. La calandria, sistema de rollos usados para aplicar altas presiones de planchado al papel seco y el cual tiene el efecto de controlar el calibre, superficie y otras características.
7. Carretel sobre el cual se enrolla el papel seco a altas velocidades para ser despachado a otras secciones de acabado.

La Fourdrinier descrita puede ser considerada como una típica máquina que debe ser empleada para hacer un amplio rango de productos; desde los papeles de seda (desechable) hasta los pesados como para sacos de envolver. Muchas variaciones se han desarrollado en los últimos tiempos especialmente para la fabricación de papeles de ciertos tipos y grados. Por ejemplo se ha desarrollado la máquina Yankee, para la fabricación de toallas, papel higiénico, pañuelos faciales, etc.

La diferencia con la Fourdrinier radica en cortas etapas de formación de la hoja debido a que no se requiere altos pesos básicos, y las propiedades de drenaje del stock. Como consecuencia de ello trabaja a altas velocidades y por lo tanto producen altos tonelajes del producto. La diferencia también radica en que la máquina emplea un secador yankee o secador arrastre. Estos tipos de secadores alcanzan tasas de secado mayores de 10 a 15 veces que la alcanzada con los secadores normales. Otro tipo de máquinas para papel son las llamadas de cilindro.

2.8 FILTRADO Y LIMPIADO DEL STOCK

Antes de entrar a la malla formadora de la caja principal se ejerce un filtrado de la mezcla con el fin de eliminar mugres, resinas u otro tipo de materiales. La malla por donde se hace pasar la mezcla tiene aberturas de 008 a 018 pulgadas dependiendo del tipo de papel a ser fabricado. Muchas otras máquinas modernas de fabricar papel hacen el limpiado de la mezcla antes de entrar a la caja principal por medio de limpiadores centrífugos o “Vortex”.

La parte más importante de la Fourdrinier es la malla metálica o de tela sintética que permite el drenaje del agua y retiene las fibras. Su funcionamiento es como sigue: mientras la mezcla sale las fibras largas rápidamente forman un manto sobre el cual se van depositando fibras más cortas, finos y de diversa longitud. Mientras se forma el manto de fibras el porcentaje de fibras crece. Sin embargo, el porcentaje total de retención de fibras es muy bajo del orden de 40 a 60% para papeles de gran calibre.

2.9 SECADO Y SATINADO DEL PAPEL.

La sección de secado de la máquina de hacer papel recibe la hoja de papel, después de prensada, con un contenido de humedad entre 68 y 65%. Desde este punto es necesario aplicar calor para alcanzar el contenido de humedad deseado.

Para ello se emplean rollos de 48 a 60 pulgadas de diámetro. La hoja pasa por encima y por debajo de estos, reduciendo el alto contenido de humedad a 6%. El número de secadores está determinado por la cantidad de papel a ser fabricado.

El papel hecho en la forma más simple no posee una superficie lisa. Así que la calandria fue ideada para aplicar presión y algún grado de fricción. La fabricación de papel es un proceso continuo desde la caja principal hasta la calandria. Después de salir de la calandria el papel debe ser colocado en una forma tal que permita su transporte y manejo. El primer paso en este proceso es el de colocarlo en un carretel.

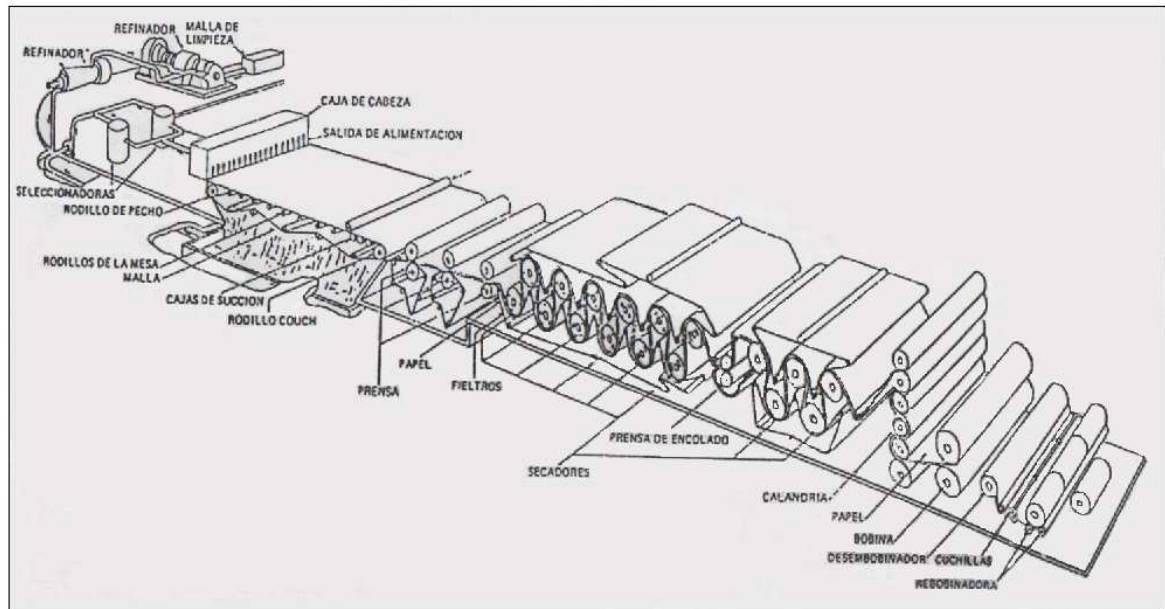
Los problemas más frecuentes en la fabricación de papel, cuando se trata de pulpa kraft, es la espuma que se origina por pH alto y pulpa mal lavada que todavía posee licor de cocimiento. Este fenómeno ocasiona la constante ruptura de la hoja de papel con la consecuente pérdida de tiempo. Su influencia está concentrada en el debilitamiento de los enlaces físicos y químicos que se dan para ligar las fibras y darle la resistencia requerida.

En Colombia se encuentran dos empresas de importancia que producen pulpa a partir de maderas. Celulosa y Papel de Colombia produce pulpa kraft y pulpa semiquímica para la producción de papel kraft, cartulina, papel para sacos, cajas de cartón. Últimamente está produciendo pulpa a partir de coníferas, la cual se mezcla con la pulpa de latifoliadas y lograr así una mezcla resistente y económica.

Otra empresa de importancia PROCECOLSA, localizada en Medellín, y que se especializa en la producción de pulpa a partir de especies de fibra larga, aprovechando la disponibilidad de materia prima en la zona. Colombia es de los países líderes en el Pacto Andino en lo que la producción de pulpa y papel se refiere. Con referencia al mundo es uno de los países especializados en la producción de pulpa kraft a partir de una mezcla de 120 especies de maderas duras.

Al final del proceso, la pulpa sale a presión por una tubería que se encarga a su vez de distribuirla mediante válvulas que regulan la cantidad de pulpa depositada en la malla de secado, esta malla entra en una maquina que usa el calor del vapor para secar la pulpa pasando por los rodillos calientes, al final de la maquina el papel es enrollado y listo para transportarse hacia los clientes.

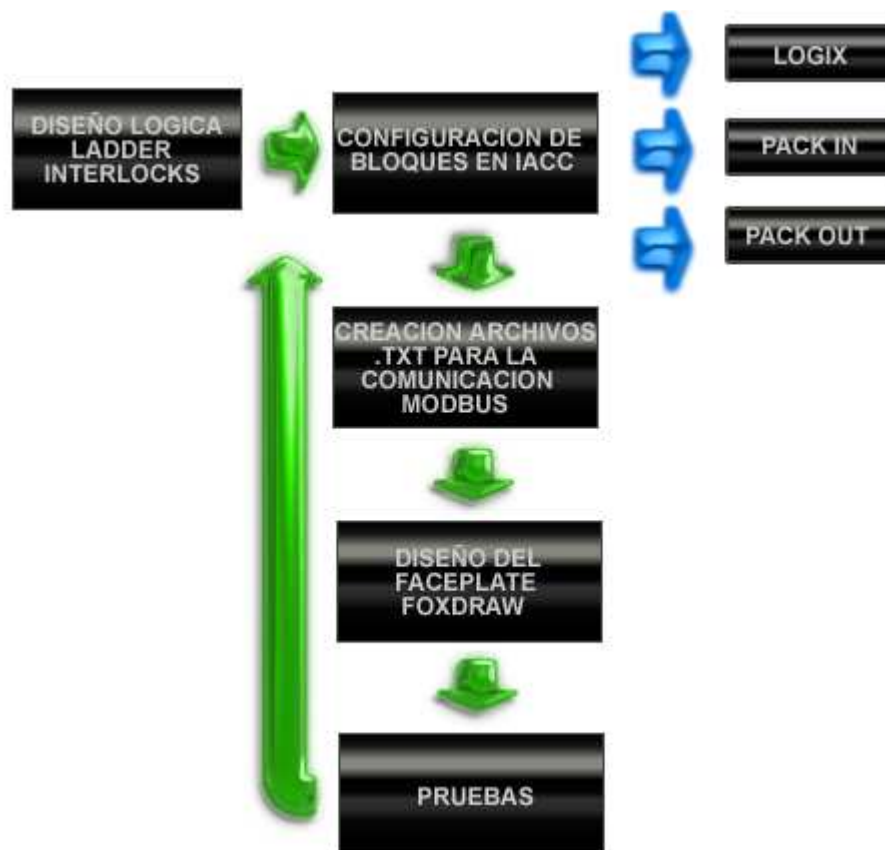
Figura 5. Máquina para la fabricación de papel.



3. DISEÑO DE INTERLOCKS PARA MOTORES RSLOGIX500

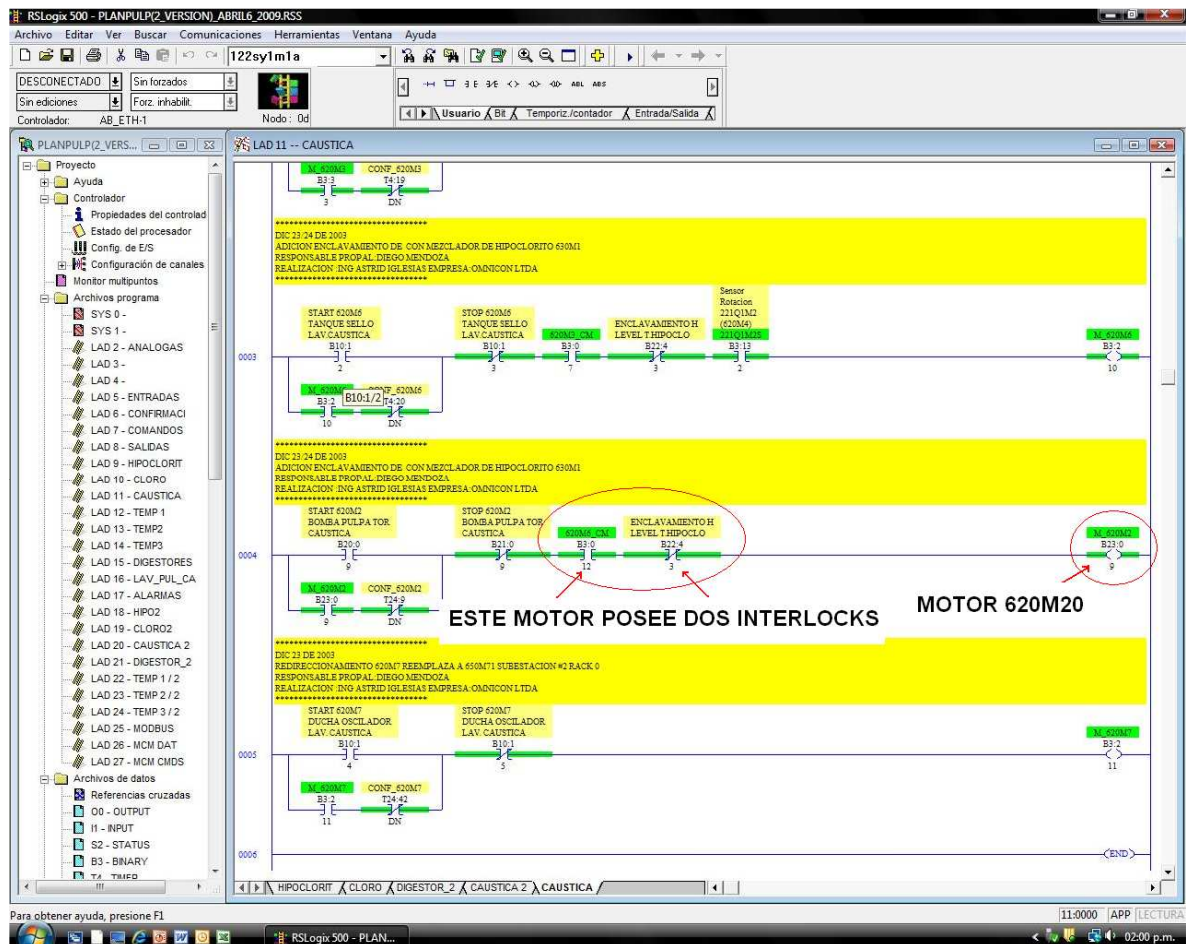
Para enfrentar este proyecto se llevara a cabo el método de ingeniería secuencial, teniendo en cuenta que, para la solución del mismo se usara la ingeniería en detalle.

Figura 6. Método para la creación de un faceplate.



La primera etapa realizada en este proyecto fue la creación de los interlocks de cada uno de los motores de la planta de pulpa en el software de programación RSLogix 500, a continuación se mostrara un esquema básico en la programación Ladder.

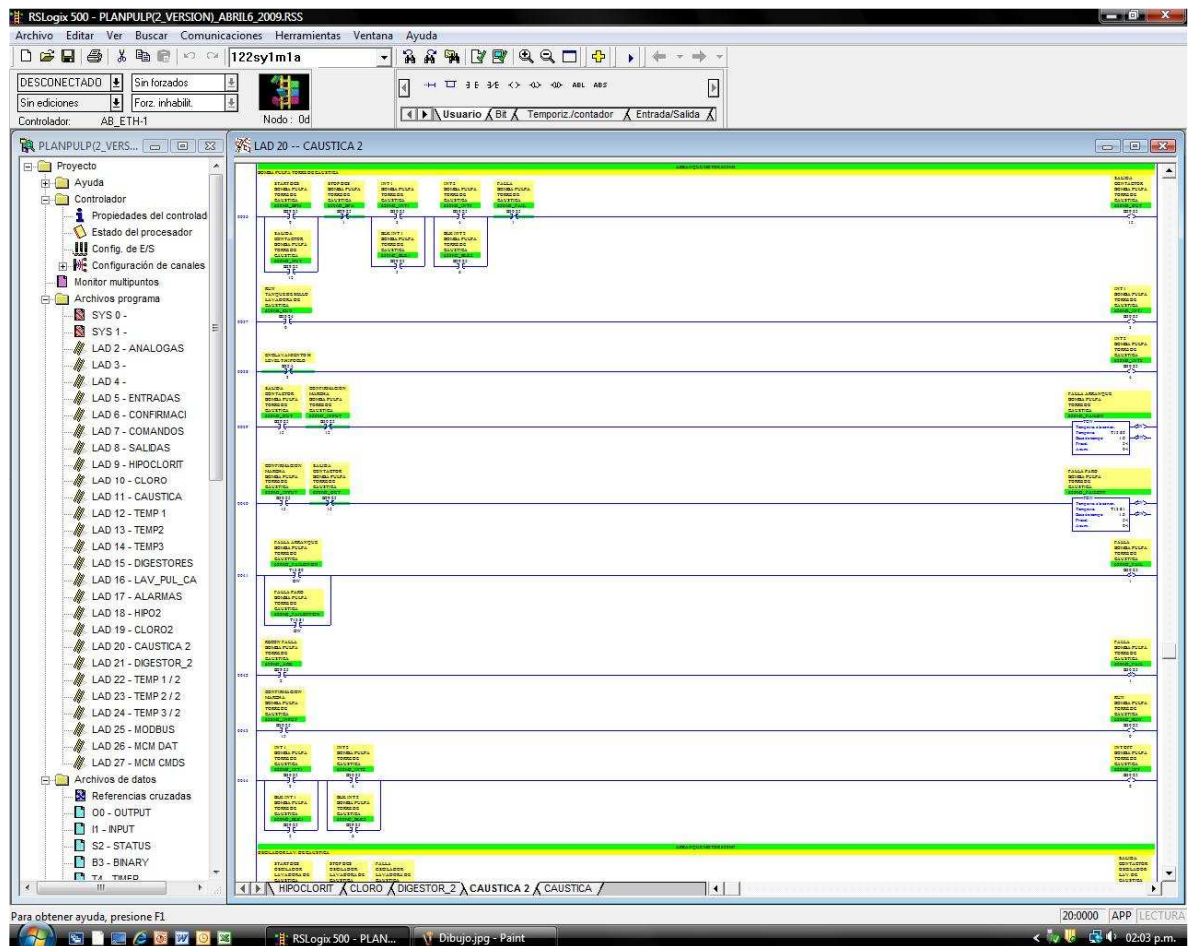
Figura 7. Diagrama lógico Ladder motor 620M20.



En el caso de este motor se puede observar que tiene 2 interlocks, cuando se han referenciado cuantos interlocks posee el motor, se lleva a cabo la tarea de crearlos en una especie de “subrutina” la cual llama el código principal cuando la secuencia de el programa así la necesite.

Este es un esquema básico y es usado para todos los motores, hay que aclarar que se debe modificar dependiendo del número de interlocks que tenga el motor en este caso tiene 2 interlocks.

Figura 8. Diagrama lógico Ladder de interlocks para motor 620M20.



Básicamente, los interlocks son una serie de condiciones que se deben cumplir para permitir o denegar el funcionamiento de un actuador, que en este caso son los motores como elemento final de control.

4. DESCRIPCION DEL FACEPLATE

Los faceplates son bloques gráficos organizados en librerías de instrumentación y control, preconfigurados y probados constituyen los elementos básicos para la configuración gráfica de soluciones de automatización. El uso de estos elementos contribuye enormemente a minimizar el trabajo de ingeniería y, por consiguiente, los costes del proyecto.

La aplicación para el mando de los motores del I/A de Planta Pulpa P1 la interfaz HMI, mostraba muy poca o ninguna información sobre el estado de los motores en la estación de operación, por lo que, para verificar cuando un motor no arrancaba, era necesario revisar la lógica en el PLC o en los bloques I/A lo que generaba tiempos perdidos ya que estos chequeos necesitan entrenamiento o accesos de seguridad de mas nivel a los sistemas.

Para dar solución a este problema se realizo el diseño de una ventana emergente (llamada faceplate) la cual brinda información al operario sobre el estado del motor y permite realizar control ON/OFF sobre el mismo.

4.1 INTERFACE DE OPERACIÓN ANTIGUA

La interface de operación de motores actual entrega muy poca información al operador, por ejemplo no indica si el motor esta en falla, si no arranca por un interlock o si hay algún interlock forzado.

Esto causa que cuando un motor no arranca se pierde mucho tiempo en determinar cuál es la falla, obligando a entrar al PLC o el IA para identificar los interlock o para forzarlo si es necesario.

Figura 9. Interfaz antigua



4.2 INTERFACE DE OPERACIÓN ACTUAL

La nueva interface de operación da la siguiente información:

- Estado de los interlocks en forma detallada en el faceplate de operación y general en el icono del motor.
- Estado de falla del motor si esta se presenta en Hardware.
- Selección de modo de operación desde pantalla o mando Local (si el motor lo tiene).
- Selección de Modo de operación automático o manual.
- Indicación de interlocks forzados en forma detallada en el faceplate y general en el icono del motor.
- Con password de seguridad permite forzar los interlock independientemente.

Con esto se logra facilitar el diagnostico de fallas por parte del operador o del personal de mantenimiento.

Figura 10. Interfaz nueva



4.3 MODOS DE OPERACIÓN

El motor tiene los siguientes modos de operación:

Central El arranque del motor lo realiza el operador desde la pantalla.

Local El arranque del motor lo realiza el operador desde una estación botón en el campo.

Manual El motor arranca por orden del operador sea en modo Central o modo Local.

Automático El motor arranca por condiciones del proceso sin intervención del operador.

Sin importar en qué modo de operación este el paro de pantalla siempre parara el motor, el Paro de campo debe ir directamente al CCM (Cuarto Control Maquinas) por seguridad y será reconocido como una falla si el mando del motor esta en Mando Central.

4.4 INDICACION DE FALLA

El motor indicara estado de falla si:

Tabla 5. Indicación de falla.

<i>FALLA</i>	<i>POSIBLES CAUSAS</i>
El sistema da orden de arranque al motor y después de unos segundos no recibe la señal de confirmación de marcha desde el contactor del CCM.	<ol style="list-style-type: none">1. Celda CCM abierta.2. Disparo del Breaker o Termico.3. Alimentación de control abierta.4. Falla interface salida del PLC.5. Paro de emergencia accionado.
El motor está en funcionamiento y se pierde la confirmación de marcha desde CCM sin que se haya dado orden de paro desde el sistema.	<ol style="list-style-type: none">1. Disparo del Breaker o Termico.2. Alimentación de control abierta.3. Paro de emergencia accionado.
El sistema recibe orden de confirmación de marcha sin que se haya dado una orden de arranque.	<ol style="list-style-type: none">1. Motor forzado desde CCM.2. Señal de confirmación forzada en campo o desde el sistema.
El sistema envía a parar el motor y después de algunos segundos no cae la confirmación de marcha desde el CCM.	<ol style="list-style-type: none">1. Falla en el CCM (contactor pegado).2. Señal de confirmación forzada en campo o desde el sistema.3. En caso de variador de velocidad, aumento en el tiempo de desaceleración del variador.

A continuación se describirá el funcionamiento del facepale de dialogo con el operador, el cual fue diseñado en el software FOXDRAW de FOXBORO IACC para interfaces graficas.

El Faceplate de operación está formado por 2 partes funcionales:

La primera corresponde al dialogo básico con el operador, contiene los distintos comandos de operación como Start, Stop, selección de Modo de operación Central (pantalla) / Local (estación local), selección de modo de operación Auto (arranque por estrategia de control) / Manual (arranque por operador) y reconocimiento de Falla. (Ver figura 11)

También maneja las indicaciones básicas de operación como estados del motor (marcha, paro, falla, Interlock Presente, Interlock Forzado, indicación de la corriente nominal y de la corriente del motor, modos de operación activos, Tag motor y Descripción del motor). Para el manejo de estas funciones se utiliza un faceplate enlazado con una instrucción LOGIC en donde están configuradas las instrucciones para ejecutar estas tareas.

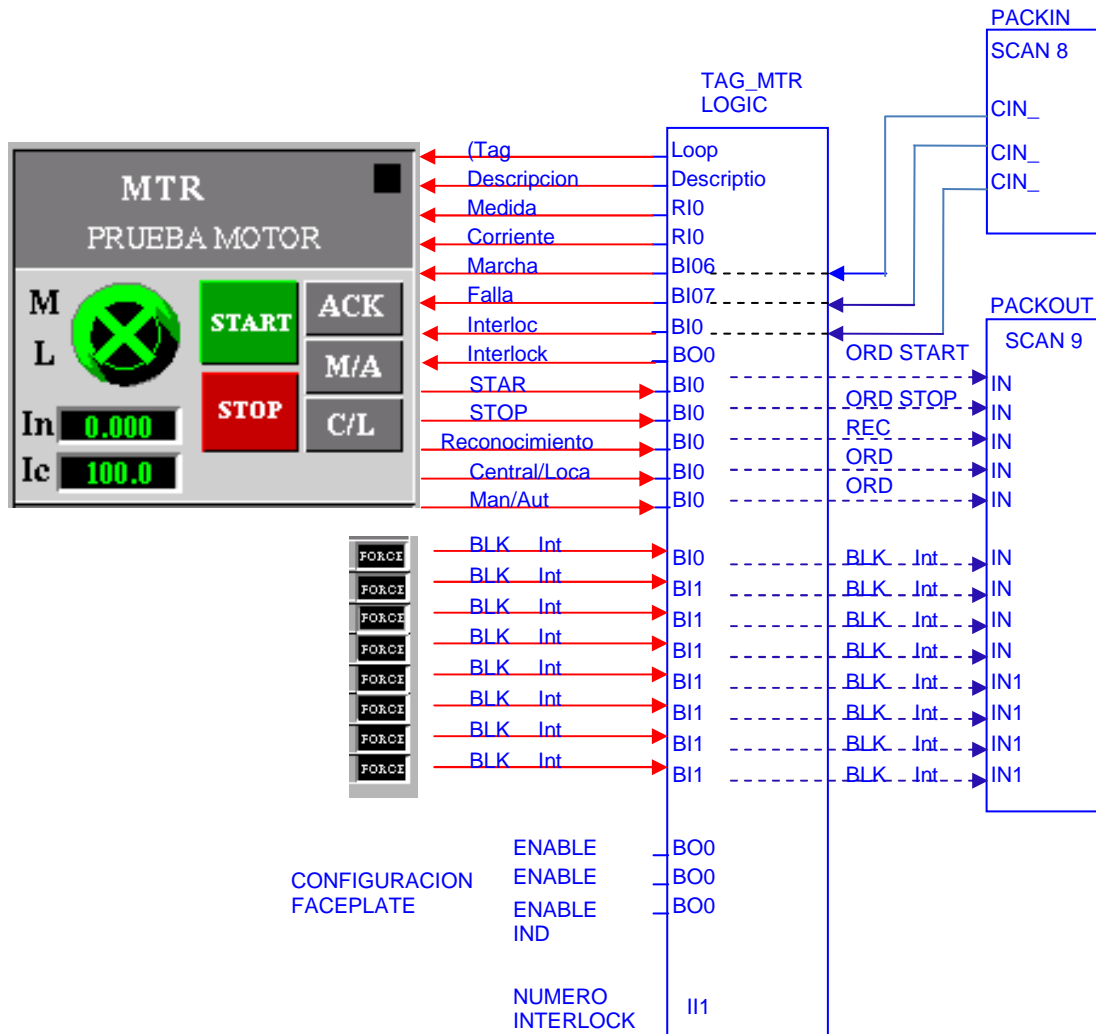
Todas las funciones del faceplate son configuradas desde el IACC (configurador), además se creo como un template por lo que el trabajo en el FOX DRAW es mínimo.

En el software IACC se crea un bloque LOGIC en el cual se programa la lógica computacional que activa el motor, dentro de este se crearon 3 bits de configuración del faceplate los cuales permiten definir si el motor tendrá mando C/L, A/M o Indicación de corriente.

Tabla 6. Bits de configuración del Faceplate.

M01	1	Habilita A/M
M02	1	Habilita C/L
M03	1	Habilita corriente Motor

Figura 11. Conexiones bloque LOGIC

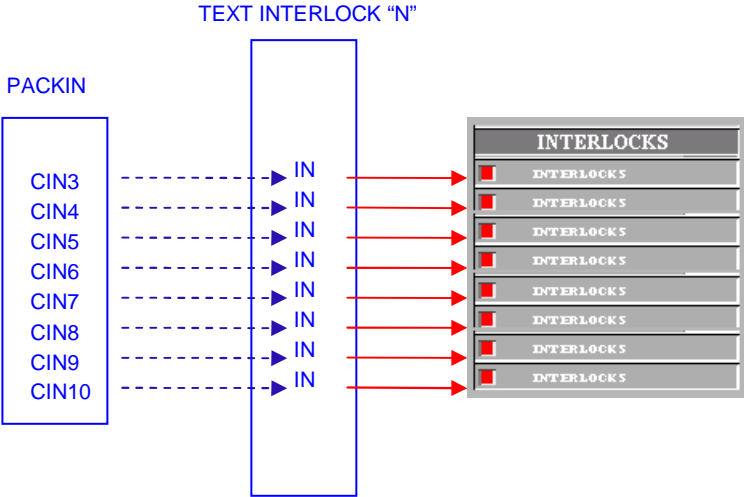


Conexiones del Bloque LOGIC

- Bloque PACKIN el cual esta enlazado con el PLC SLC500 5/05 por Modbus y lee un archivo de datos tipo entero N62, este muestra el estado del motor y de sus interlocks.
- Bloque PACKOUT el cual se enlaza con el PLC SLC 500 5/05 por Modbus y escribe sobre un archivo de datos enteros N61 del PLC las ordenes de mando y bloqueo de los interlocks del motor desde el IA.

La segunda parte del Faceplate está formada por un archivo .TXT (ANEXO A.) el cual es el encargado de mostrar el estado de los interlock y de la descripción de cada uno de estos en pantalla, la única configuración que necesita es colocar la descripción de los interlock en los parámetros NM01 al NM08 y las entradas de estado de los interlock del bloque PACKIN enlazado al PLC. (Ver figura 12).

Figura 12. Conexiones bloque TXT.



La palabra de mando al motor queda constituida así:

Tabla 7. Palabra de mando al motor.

MCOUT	ORIGEN DATOS	DE	PALABRA DE MANDO PLC	DESCRIPCION
IN 1	LOGIC_MTR.BI01	0		START PANTALLA
IN 2	LOGIC_MTR.BI02	1		STOP PANTALLA

IN 3	LOGIC_MTR.BI03	2	RECONOCIMIENTO DE FALLA
IN 4	LOGIC_MTR.BI04	3	MANDO CENTRAL (HMI) / LOCAL
IN 5	LOGIC_MTR.BI05	4	MANDO AUTOMATICO/ MANUAL
IN 6	LOGIC_MTR.BI09	5	INTERLOCK 1
IN 7	LOGIC_MTR.BI10	6	INTERLOCK 2
IN 8	LOGIC_MTR.BI11	7	INTERLOCK 3
IN 9	LOGIC_MTR.BI12	8	INTERLOCK 4
IN 10	LOGIC_MTR.BI13	9	INTERLOCK 5
IN 11	LOGIC_MTR.BI14	10	INTERLOCK 6
IN 12	LOGIC_MTR.BI15	11	INTERLOCK 7
IN 13	LOGIC_MTR.BI16	12	INTERLOCK 8
IN 14		13	
IN 15		14	
IN 16		15	

4.5 DESCRIPCION TEMPLATE MOTOR

Figura 13. Descripción template motor.

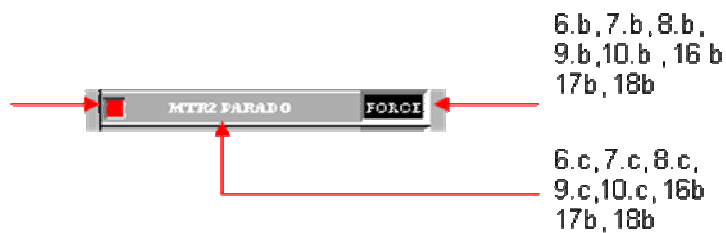
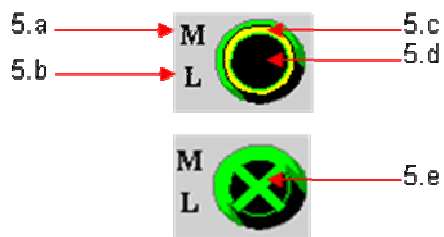
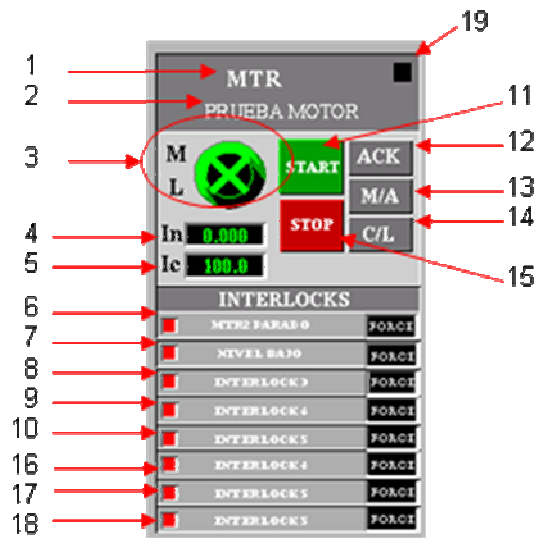


Tabla 8: Descripción template motor.

ITEM	NAME	DESCRIPTION	STATUS
1	TAG NAME	Tag Propal del Motor (30 caracteres)	
2	TAG DESCRIPTION	Descripción de la función del motor en el proceso	
3	STATUS MOTOR	Indica el estado del Motor	
3.a	MODE A/M INDICATOR	Indica si el Motor esta en modo automático o manual	A= Automático M= Manual
3.b	MODE C/L INDICATOR	Indica si el motor esta en modo Central/ local	C = HMI L = Local
3.c	BLOCK INDICATOR	Indica si al menos 1 Interlock esta bloqueado	Dark Green = Normal Yellow = Block Interlock
3.d	RUN INDICATOR	Indica si el motor esta en marcha	Black = Motor stop Light green = Motor run
3.e	INTERLOCK INDICATOR	Indica si el motor tiene un interlock presente	Visible = Interlock Invisible = Sin interlock
4	NOMINAL CURRENT INDICATOR	Indicación de la corriente nominal del motor	Siempre visible
5	MOTOR CURRENT INDICATOR	Indicación de la corriente del motor	Visible solo si Parámetro M03 del CALCA MTR es =1
6	MANEJO INTERLOCK 1	Mando interlock 1	
7	MANEJO INTERLOCK 2	Mando interlock 2	
8	MANEJO INTERLOCK 3	Mando interlock 3	
9	MANEJO INTERLOCK 4	Mando interlock 4	
10	MANEJO	Mando interlock 5	

	INTERLOCK 4		
16	MANEJO INTERLOCK 5	Mando interlock 5	
17	MANEJO INTERLOCK 6	Mando interlock 6	
18	MANEJO INTERLOCK 7	Mando interlock 7	
19	MANEJO INTERLOCK 8	Mando interlock 8	
6.a , 7.a , 8.a, 9.a, 10.a, 16. a 17.a 18.a	INDICADOR INTERLOCK	Indica si el interlock respectivo se encuentra bloqueando el motor	Visible = Interlock bloqueando el motor Invisible= Interlock condición normal
6.b , 7.b , 8.b, 9.b, 10.b, 16.b, 17.b, 18.b	TEXT INTERLOCK	Muestra la descripción del interlock Max (30 caracteres)	
6.c , 7.c , 8.c, 9.c, 10c, 16.c, 17.c 18.c	BLOCK INTERLOCK	Botones de Bloqueo de Interlock	Con mando solo si ambiente Eléctrico/Instos activo Si esta en ambiente operador son solo indicadores Amarillo = Bloqueado
11	START PANTALLA	Botón de marcha desde la pantalla	
12	RECONOCIMIENTO DE FALLA	Botón de reconocimiento de Falla del Motor	
13	SELECCIÓN MODO A/M	Botón de selección de modo Automático o Manual	Auto = Mando desde programa Manual = Mando Operador

			Visible solo si Parámetro M01 del CALCA MTR es =1
14	SELECCIÓN MODO C/L	Botón de selección de modo Central o Local	Central = Mando desde HMI Local = Mando desde un pulsador Local Visible solo si Parámetro M02 del CALCA MTR es =1
15	STOP PANTALLA	Botón de Paro desde la pantalla	
19	CLOSE OVERLAY	Cierra el Faceplate de Operacion	

4.6 INDICACION STATUS MOTOR

Motor con un Interlock Presente



Motor en marcha



Motor Parado



Motor Parado con un al menos un interlock Forzado



Motor en Marcha con al menos un interlock Forzado



Motor con un interlock presente pero al menos otro interlock Forzado



Motor en Falla



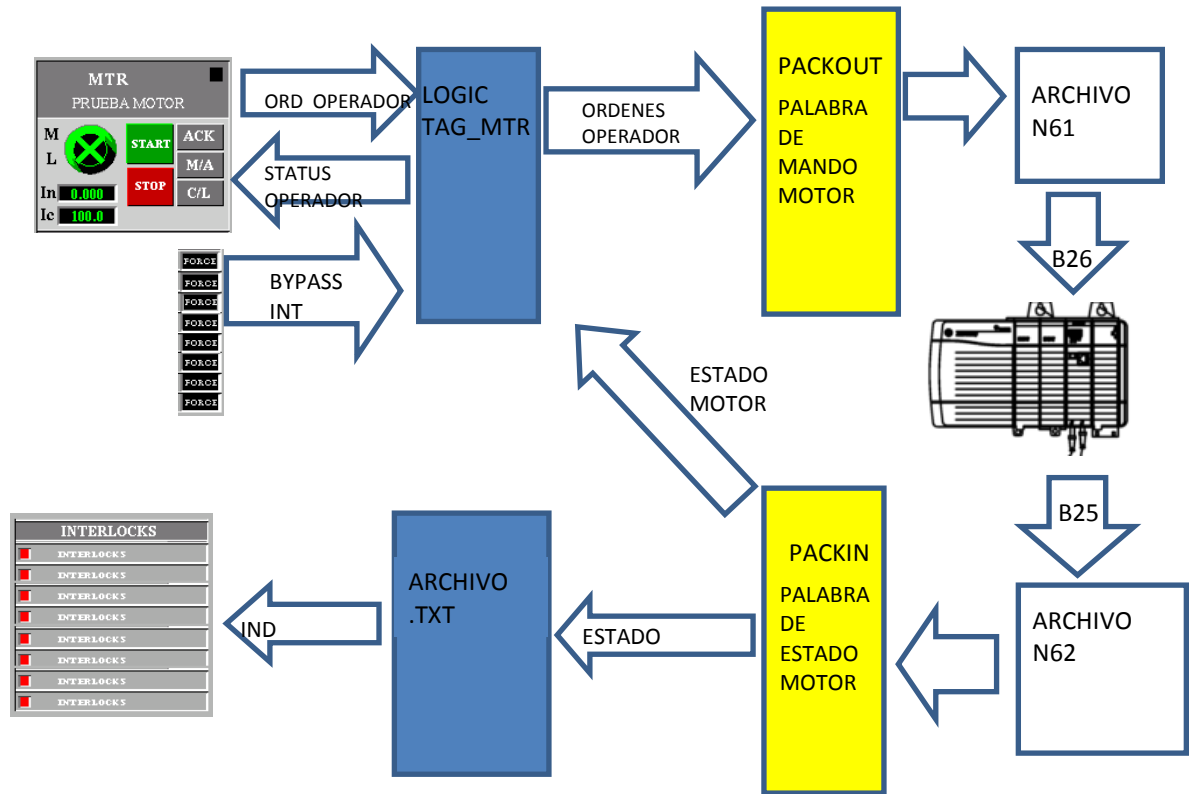
4.7 DIAGRAMA DE CONTROL SIMPLIFICADO

A continuación por medio de un diagrama de bloques se hace una breve descripción del funcionamiento del proceso de control de motores detallando el enlace entre el PLC y el DCS.

Como se hablo anteriormente el faceplate está compuesto por dos templates, el primero se encarga de dar las órdenes al motor de STAR/STOP, ACK, M/A, C/L, estas órdenes son transferidas al bloque LOGIC el cual realiza una lógica computacional, las órdenes son llevadas al bloque PACKOUT para ser transferidas hacia el PLC (SLC 500).

Por otro lado el segundo template es el encargado de mostrar al operario el estado de los interlocks y el estado del motor, esta visualización se realiza gracias al archivo .TXT de cada motor el cual configura el template, el bloque PACKIN de esta sección retroalimenta el estado y es mostrado en el faceplate. (Ver figura 14).

Figura 14. Diagrama de control simplificado.



5. COMUNICACIÓN MODBUS

Anteriormente la comunicación estaba siendo realizada a través del (HMI), lo cual no era eficiente, para brindarle más eficiencia al sistema se utilizaron equipos que soportan el protocolo MODBUS para enlazar en red tanto el PLC como el DCS (I/A).

La comunicación modbus entre el IA y el PLC se hace a través de una FBM 224 en el IA y un módulo MVI de Prosoft para SLC 500, están mapeadas 200 palabras de entrada en y 200 palabras de Salida, organizadas en 4 transacciones:

Transacciones 1 y 2 son de entrada la transacción 1 tiene 125 palabras y la 2 tiene 75.

Transacciones 3 y 4 son de salida, la transacción 3 tiene 125 palabras y la 4 tiene 75.

Los datos en el IA se organizaron en bloques PACKIN y PACKOUT de 32 BIT para disminuir la carga del CP (menos bloques).

En el PLC SLC500 los datos desde el IA llegan a los archivos de datos tipo entero.

N61 (READ) de 200 palabras de la 0 a 199.

N62 (WRITE) de 200 palabras de la 0 a 199.

5.1 DIRECCIONAMIENTO IA

El direccionamiento del IA tiene la siguiente sintaxis

Para una palabra de entrada

1 A1U4 Palabra de entrada conectada a un bloque PACKIN

1= Numero de la transacción

A= Parte de la estructura

1= Numero de la palabra (16 BIT)

U=Tipo de dato (entero)

4= Numero de BYTES (32 BIT)

Esta palabra se conectaría en el PLC a los archivos N62:0 y N62:1

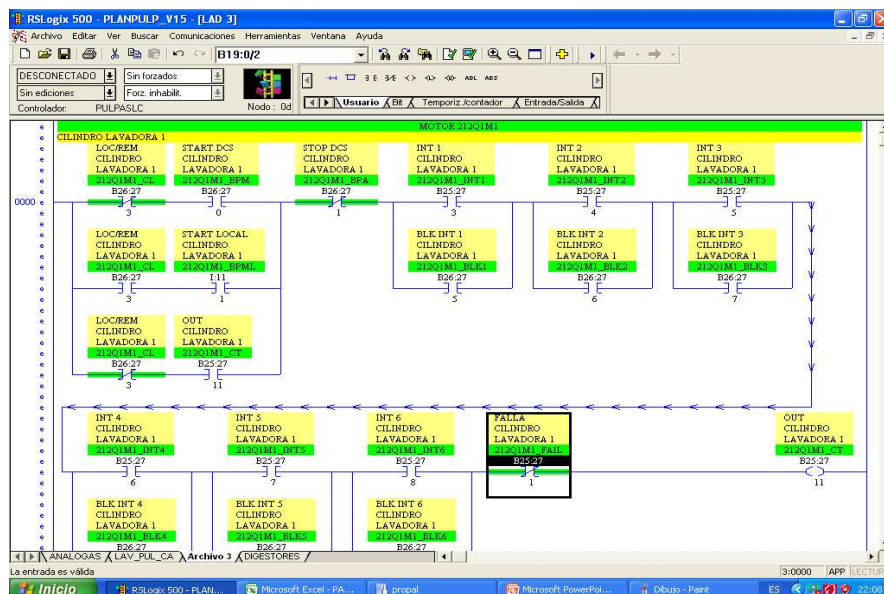
En este ejemplo están las conexiones del PACKIN 1 y del PACKOUT 1 y se puede observar que manejan la lógica de 2 motores

5.2 ESCRITURA DE DATOS DESDE EL IA HACIA EL PLC

En la imagen se muestra como la palabra de mando Motor del IA conectada en el PACKOUT, se conecta con el archivo de datos N62 del PLC el cual se conecta con los archivos B26 para la lógica del motor , también se observa la configuración Ladder tipo para un motor, los BIT en verde son reservas.

Figura 16. Escritura de datos desde el IA hacia el PLC.

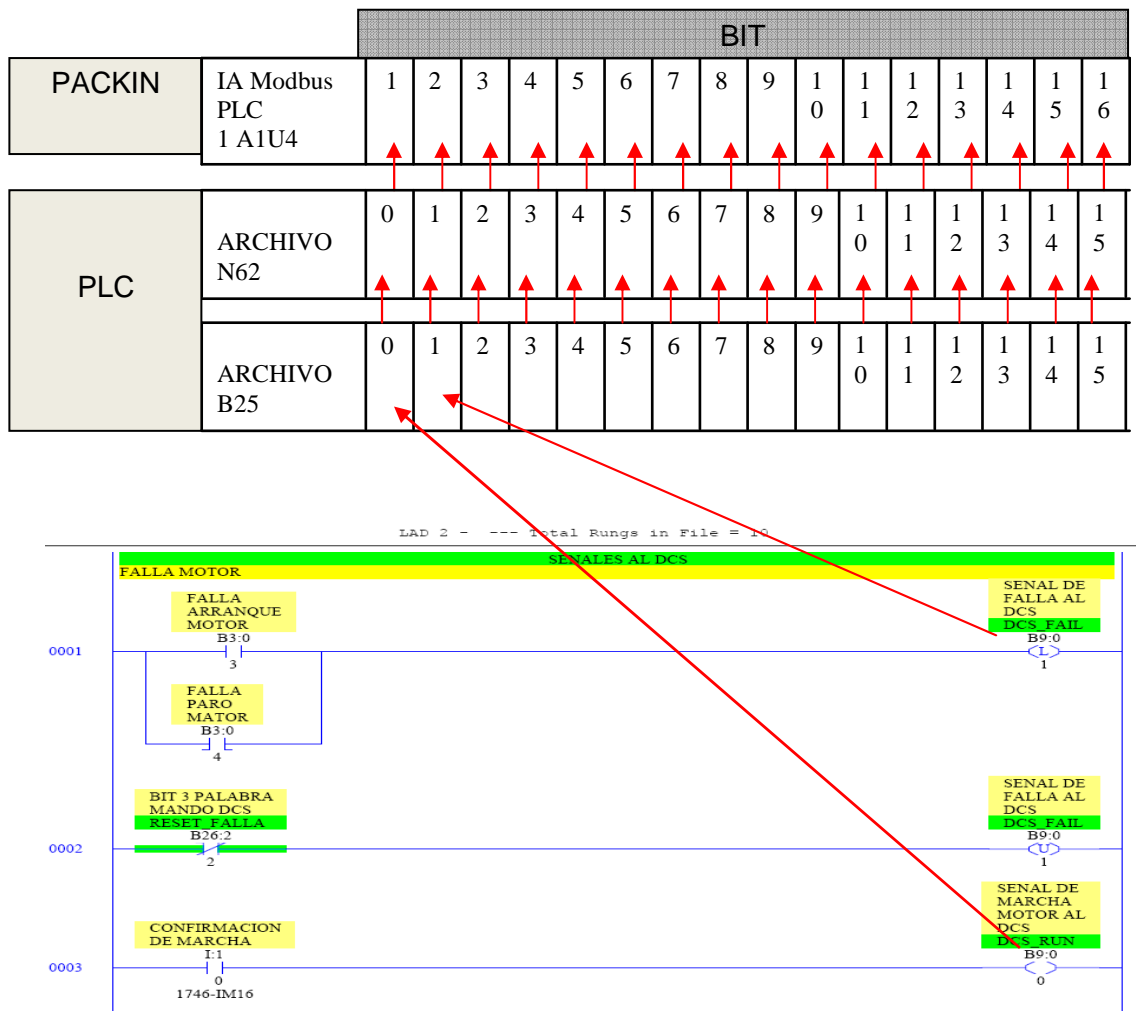
		BIT															
PACKOUT	IA Modbus PLC 3 A1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
PLC	ARCHIVO N61:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	ARCHIVO B26:0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓



5.3 ESCRITURA DE DATOS DESDE EL PLC HACIA EL IA

En la imagen se muestra como se envían los BIT de estado del motor desde el PLC al IA, los BIT se escriben sobre el archivo B25 el cual esta conectado N62:0, el cual esta comunicado por MODBUS al IA por la palabra **1 A1U4**

Figura 17. Escritura de datos desde el PLC hacia el IA.



6. CONCLUSIONES

El Faceplate permite indicar de forma rápida y sencilla si un motor esta con un interlock presente, en falla o si al menos un interlock está bloqueado lo que le permite al operador y al personal de mantenimiento tomar acciones de forma rápida.

El Faceplate permite el bloqueo de un interlock de una forma fácil y segura por parte del personal de mantenimiento, pero mostrando una indicación permanente de que hay algo bloqueado en los display de procesos y en los faceplate de operación.

El Faceplate corre sobre un estándar que será utilizado en la nueva caldera lo que es una ventaja para mantenimiento, además la forma como muestra los estados del motor son similares a los utilizados por el DCS de las Maquinas.

El Faceplate fue configurado como un template, lo que simplifica la configuración en los gráficos de procesos, además al ser una plantilla permite estandarizar la operación.

El Faceplate identifica que interlock está bloqueando el arranque de un motor.

Permite configurar distintos tipos de dialogo con el operador sin tener que cambiar la instrucción lo que es una gran ventaja para mantenimiento.

La nueva estructura de control y de comunicación facilita el cambio del sistema de comunicación actual a comunicación Modbus lo cual dará más confiabilidad al sistema.

7. RECOMENDACIONES

Para las personas que este proyecto ha sido de su interés, y deseen continuarlo, se recomienda realizar la actualización en las interfaces HMI de la etapa de blanqueo, esto con el objetivo de modernizar las interfaces y brindar mayor claridad e información al operario de turno.

Se debe tener en cuenta que el trabajo realizado en esta pasantía fue la programación y organización de todos los tags de los motores con sus respectivos faceplates modernizados y funcionales, cumpliendo así con el objetivo principal de la práctica, el trabajo recomendado básicamente se realizara en la herramienta de creación de interfaces graficas FOXDRAW de FOXBORO I/A SERIES.

BIBLIOGRAFÍA

AREVALO. R. L. Longitud promedio de fibra pulpa Kraft celulosa y Papel de Colombia [artículo]. 1986. p.175.

BRITT, Handbook of pulp and paper technology. Reinold 1964. p.210.

CACERES, R.H. Pulpas Semiquímicas a la soda fría a partir de Sajo. U.I.S. 1977.

Capacidad de Pasta y Papel. Roma 1976. p.275.

CRUZ ARARAT, Wilson. Programa de mantenimiento preventivo Propal planta 1 área pulpa. Trabajo de grado Ingeniero Electrónico. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2001.

HAARTH, Roberto. Protocolo de comunicación MODBUS. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de ingeniería, 2008.

LIBBY, Pulp and paper Technology. 1971. p.320.

Dr. LOPEZ FERNANDEZ, Joaquín. Introducción a los buses de campo [artículo]. Universidad de Vigo. Departamento de ingeniería de sistemas y automática, 2005.

Dr. LOPEZ FERNANDEZ, Joaquín. Profibus [artículo]. Universidad de Vigo. Departamento de ingeniería de sistemas y automática, 2005.

OSPINA. Cesar. Cocimientos experimentales de mezclas de coníferas y latifoliados. Celulosa y papel de Colombia 1976. p.134.

RODRIGUEZ RENNIN, Aquilino. Sistemas SCADA. 2 ed. Mexico: Alfa Omega, 2007. 167p.

VILLOTA CARVAJAL, Jairo Jeobany. Rediseño de la interface HMI DCS pulpa y calderas Propal S.A. Trabajo de grado Ingeniero Electrónico. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2006.

ANEXOS

Anexo A. Configuración del Archivo .TXT para comunicación MODBUS.

subs:\opt\menus\GENERIC\FACEPLATE_MTR_FINAL.fdf

<1>=MTR_TEMP3:221Q1M3_MOTO

<START>=MTR_TEMP3:221Q1M3_MOTO.BI01

<STOP>=MTR_TEMP3:221Q1M3_MOTO.BI02

<ACK>=MTR_TEMP3:221Q1M3_MOTO.BI03

<INT1>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b4

<INTERLOCK 1>= TIMER ENCLA B LUBRICACION 1SEG

<INT2>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b5

<INTERLOCK 2>= TIMER ENCLAV DIG SUPERIOR C

<INT3>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b6

<INTERLOCK 3>=

<INT4>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b7

<INTERLOCK 4>=

<INT5>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b8

<INTERLOCK 5>=

<INT6>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b9

<INTERLOCK 6>=

<INT7>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b10

<INTERLOCK 7>=

<INT8>=I_Q1M3_S1M2.PAKCIN.b11

<INTERLOCK 8>=

Anexo B. Relación de motores (tags, descripción, palabra de mando, modbus).

TAG NUEVO	TAG VIEJO	DESCRIPCION	PALABRA DE MANDO		MODBUS					
			ORDENES	ESTATUS	OUT PLC	IN IA		IN PLC	OUT I/A	
			SLC 500	SLC500		PAKIN	TRANSACCION		PAKOUT	TRANSACCION
HIPOCLORITO										
223J1M1	650M15	BOMBA KAMYR #2 BLANQUEO	B29:3	B30:3	N62:37	I_J1M1_Q1M2	1A39U4	N61:37	O_J1M1_Q1M2	3A39
223Q1M2	630M5	REPULPADOR LAV. HIPO	B29:7	B30:7	N62:38			N61:38		
223Q1M1	630M4	CILINDRO LAV. HIPO	B29:10	B30:10	N62:39	I_AQ1M1_S2M1	1A41U4	N61:39	O_AQ1M1_S2M1	3A41
223S2M1	630M6	TANQUE SELLO LAV.HIPO	B29:8	B30:8	N62:40			N61:40		
223S1M1	630M3	BOMBA PULPA TOR HIPOCLORITO	B29:11	B30:11	N62:41	I_S1M1_S2M2	1A43U4	N61:41	O_S1M1_S2M2	3A43
223S2M2	630M8	BOMBA 2 TANQUE SELLO LAVADORA HIPO	B29:2	B30:2	N62:42			N61:42		
223J2M1	630M10	BOMBA KAMIR DE HIPOCLORITO	B29:4	B30:4	N62:43	I_J2M1_S2M3	1A45U4	N61:43	O_J2M1_S2M3	3A45
223S2M3	630M11	BBA A DUCHAS LAVADORA DE HIP	B29:5	B30:5	N62:44			N61:44		
223Q1M3	630M7	DUCHA OSCILADOR LAV. HIPOCLORIT	B29:9	B30:9	N62:45	I_Q1M3__S1M3	1A47U4	N61:45	O_Q1M3__S1M3	3A47
223S1M3	630M100	MOTOR TX CONSISTENCIA	B29:6	B30:6	N62:46			N61:46		
214J2M1	214J2M1	SIN DESCRIPCION	B29:1	B30:1	N62:47	I_J2M1	1A49U4	N61:47	O_J2M1	3A49
CAUSTICA										
223NK1M1	630M1	MEZCLADOR LAVADORA HIPOCLORITO	B29:21	B30:21	N62:48	I_K1M1_Q1M2	1A51U4	N61:48	O_K1M1_Q1M2	3A51
222Q1M2	620M4	REPULPADOR LAVADORA DE CAUSTICA	B29:22	B30:22	N62:49			N61:49		
222Q1M1	620M3	CILINDRO LAVADORA DE CAUSTICA	B29:23	B30:23	N62:50	I_Q1M1_S2M1	1A53U4	N61:50	O_Q1M1_S2M1	3A53
222S2M1	620M6	TANQUE DE SELLO LAVADORA DE CAUSTICA	B29:24	B30:24	N62:51			N61:51		
222S1M1	620M2	BOMBA PULPA TORRE DE CAUSTICA	B29:25	B30:25	N62:52	I_S1M1_Q1M3	1A55U4	N61:52	O_S1M1_Q1M3	3A55
222Q1M3	620M7	OSCILADOR LAVADORA DE CAUSTICA	B29:26	B30:26	N62:53			N61:53		
							1A57U4			3A57

CLORO										
222HJ1M1	620M12	MEZCLADOR SISTEMA OXIGENO HI SHEAR	B29:12	B30:12	N62:54	I_HJ1M1_J1M1	1A59U5	N61:54	O_HJ1M1_J1M1	3A59
222J1M1	620M9	BOMBA KAMIR SISTEMA OXIGENO	B29:13	B30:13	N62:55			N61:55		
222NK1M1	620M5	MEZCLADOR LAVADORA DE CAUSTICA	B29:14	B30:14	N62:56	I_NK1M1_Q1M2	1A61U4	N61:56	O_KNK1M1_Q1M2	3A61
221Q1M2	610M4	REPULPADOR LAVADORA DE CLORO	B29:15	B30:15	N62:57			N61:57		
221Q1M1	610M3	CILINDRO LAVADORA DE CLORO	B29:16	B30:16	N62:58	I_Q1M1_S3M1	1A63U4	N61:58	O_Q1M1_S3M1	3A63
221S3M1	610M5	TANQUE DE SELLO LAVADORA DE CLORO	B29:17	B30:17	N62:59			N61:59		
221HJ1M1	610M7A	HI SHEAR MEZCLADOR DE CLORO	B29:18	B30:18	N62:60	I_HJ1M1_S1M1	1A65U4	N61:60	O_HJ1M1_S1M1	3A65
221S1M1	530M3	BOMBA DE TANQUE R3 A CLORINACION	B29:19	B30:19	N62:61			N61:61		
221S1M2	530M100	REGULADOR CONSISTENCIA DEL R3	B29:20	B30:20	N62:62	I_S1M2	1A67U4	N61:62	O_S1M2	3A67
DIGESTORES										
211J3M1	420M19	BOMBA DE LUBRICACION DIGESTORES	B31:0	B32:0	N62:63	I_J3M1_Y5M1	1A69U4	N61:63	O_J3M1_Y5M1	3A69
211HY5M1	420M8	DIGESTOR INFERIOR LINEA B	B31:1	B32:1	N62:64			N61:64		
211HY2M1	420M7	DIGESTOR SUPERIOR LINEA B	B31:2	B32:2	N62:65	I_Y2M1_NY2M1	1U71U4	N61:65	O_Y2M1_NY2M1	3A71
211NY2M1	420M4	SCREW FEEDER B	B31:3	B32:3	N62:66			N61:66		
211N9M1	410M6	BANDA RAPISTAN B	B31:4	B32:4	N62:67	I_N9M1_Y6M1	1A73U4	N61:67	O_N9M1_Y6M1	3A73
211HY6M1	420M17	DIGESTOR INFERIOR LINEA C	B31:5	B32:5	N62:68			N61:68		
211HY3M1	420M16	DIGESTOR SUPERIOR LINEA C	B31:6	B32:6	N62:69	I_Y3M1_NY3M1	1A75U4	N61:69	O_Y3M1_NY3M1	3A75
211NY3M1	420M15	SCREW FEEDER C	B31:7	B32:7	N62:70			N61:70		
211N10M1	410M8	BANDA RAPISTAN C	B31:8	B32:8	N62:71	I_N10M1_Y1M2	1A77U4	N61:71	O_N10M1_Y1M2	3A77
211SY1M2	430M1	AGITADOR BLOW TANK	B31:9	B32:9	N62:72			N61:72		
211J4M1	420M13	BOMBA DE LICOR NEGRO A DIGESTORES	B31:10	B32:10	N62:73	I_J4M1_S1M1	1A79U4	N61:73	O_J4M1_S1M1	3A79
211S1M1	450M3	BOMBA DE LICOR BLANCO DIGESTORES	B31:11	B32:11	N62:74			N61:74		

211S1M1A	450M7	BOMBA DE LICOR BLANCO DIGESTORES	B31:12	B32:12	N62:75	I_S1M1A_J5M1	1A81U4	N61:75	O_S1M1A_J5M1	3A81
211J5M1	420M20	BOMBA DE ALTA PRESION A DIGESTORES	B31:13	B32:13	N62:76			N61:76		
211S3M1	430M100	REGULADOR CONSISTENCIA BLOW TANK	B31:14	B32:14	N62:77	I_S3M1_J1M1	1A83U4	N61:77	O_S3M1_J1M1	3A83
211J1M1	331M6	BOMBA RECHAZOS DIGESTORES	B31:15	B32:15	N62:78	I_S4M1_S4M1A	1A85U4	N61:78	O_S4M1_S4M1A	3A85
211S4M1	430M3	BOMBA 1 TANQUE COLECTOR	B31:16	B32:16	N62:79			N61:79		
211S4M1A	430M5	BOMBA 2 TANQUE COLECTOR	B31:17	B32:17	N62:80			N61:80		
							1A87U4			3A87
TEMP 1										
214J6M1	450M1	BOMBA DE ALTA PRESION	B33:0	B34:0	N62:81	I_J6M1_J7M1	1A89U4	N61:81	O_J6M1_J7M1	3A89
214J7M1	450M12	BOMBA DE ALTA PRESION SLUSHER	B33:1	B34:1	N62:82			N61:82		
214Q1M3	525M50	OSCILADORA DECK	B33:2	B34:2	N62:83	I_Q1M3_Q2M2	1A91U4	N61:83	O_Q1M3_Q2M2	3A91
214Q2M2	525M51	OSCILADORA DECK	B33:3	B34:3	N62:84			N61:84		
214J8M1	420M21	KA	B33:4	B34:4	N62:85	I_J8M1_S2M1	1A93U4	N61:85	O_J8M1_S2M1	3A93
214S2M1	525M2	SCAM BOMBA	B33:5	B34:5	N62:86			N61:86		
214HQ1M1	520M20	SL1	B33:6	B34:6	N62:87	I_Q1M1_Q2M2	1A95U4	N61:87	O_Q1M1_Q2M2	3A95
214HQ2M2	520M21	SL2	B33:7	B34:7	N62:88			N61:88		
214S5M4	525M23	BOMBA DE CUARTA ETAPA	B33:8	B34:8	N62:89	I_S5M4_S5M3	1A97U4	N61:89	O_S5M4_S5M3	3A97
214S5M3	525M6	BOMBA ETAPA	B33:9	B34:9	N62:90			N61:90		
214S5M2	525M5	BOMBA ETAPA	B33:10	B34:10	N62:91	I_S5M2	1A99U4	N61:91	O_S5M2	3A99
TEMP 2										
223S4M1	650M50	BOMBA BROKE TORRE HIPOCLORITO #2	B33:32	B34:32	N62:92	I_S4M1_S4M2	1A101U4	N61:92	O_S4M1_S4M2	3A101
223S4M2	650M51	AGITADOR TORRE HIPOCLORITO #2	B33:11	B34:11	N62:93			N61:93		
222S3M2	650M22	SODA A PREBLANQUEO	B33:12	B34:12	N62:94	I_S3M2_Q1M3	1A103U4	N61:94	O_S3M2_Q1M3	3A103
213Q1M3	525M37	OSCILADORA LAVADORA PREBLANQUEO	B33:13	B34:13	N62:95			N61:95		

213S1M1	650M23	AGITADOR TANQUE DESAIREADOR	B33:14	B34:14	N62:96	I_S1M1_S3M1	1A105U4	N61:96	O_S1M1_S3M1	3A105
12S3M1	331M8	BOMBA DESMEDULADO	B33:15	B34:15	N62:97			N61:97		
214S1M2	525M12	BOMBA STOCK CHEST	B33:16	B34:16	N62:98	I_S1M2_K1M1	1A107U4	N61:98	O_S1M2_K1M1	3A107
211K1M1	525M15	ZARANDA PLANA	B33:17	B34:17	N62:99			N61:99		
213Q1M2	525M38	REPULPADOR LAVADORA PREBLANQUEO	B33:18	B34:18	N62:100	I_Q1M2_Q1M1	1A109U4	N61:100	O_Q1M2_Q1M1	3A109
213Q1M1	525M32	LAVADORA PREBLANQUEO	B33:19	B34:19	N62:101			N61:101		
21S1M1	525M4	DILUCION CUARTO FILTROS Y REPUL	B33:20	B34:20	N62:102	I_S1M1_HJM1	1A111U4	N61:102	O_S1M1_HJM1	3A111
213HJ1M1	650M19	HI SHEAR PREBLANQUEO	B33:21	B34:21	N62:103			N61:103		
213J1M1	650M20	BOMBA KAMIR PREBLANQUEO	B33:22	B34:22	N62:104	I_J1M1_K1M1	1A113U4	N61:104	O_J1M1_K1M1	3A113
213NK1M1	650M21	MEZCADOR PREBLANQUEO	B33:23	B34:23	N62:105			N61:105		
							1A115U4			3A115
TEMP 3										
214K6M1	525M28	BAB COWAN	B33:24	B34:24	N62:106	I_K6M1_S1M2	1A117U4	N61:106	O_K6M1_S1M2	3A117
213S1M2	525M3	BOMBA DUCHA LAVADORA 4	B33:25	B34:25	N62:107			N61:107		
21S3M1	650M18	BOMBA DE SELLO AGUA CALIENTE	B33:26	B34:26	N62:108	I_S3M1_S1M3	1A119U4	N61:108	O_S3M1_S1M3	3A119
214S1M3	525M11	AGITADOR STOCK CHEST	B33:27	B34:27	N62:109			N61:109		
221S1M3	530M9	AGITADOR TANQUE R3	B33:28	B34:28	N62:110	I_S1M3_Q1M4	1A121U4	N61:110	O_S1M3_Q1M4	3A121
221Q1M4	610VM10	VENTILADOR EXTRACTOR LAV CLORO	B33:29	B34:29	N62:111			N61:111		
221Q1M5	610VM20	VENTILADOR LEVANTE LAV CLORO	B33:30	B34:30	N62:112	I_Q1M5_Q1M4	1A123U4	N61:112	O_Q1M5_Q1M4	3A123
222Q1M4	620VM10	VENTILADOR EXTRACTOR LAV CAUSTICA	B33:31	B34:31	N62:113			N61:113		
222Q1M5	620VM20	VENTILADOR LEVANTE LAV CAUSTICA	B29:27	B30:27	N62:114	I_Q1M5_S1M2	1A125U4	N61:114	O_Q1M5_S1M2	3A125
223S1M2	630M2	AGITADOR TORRE HIPO	B29:0	B30:0	N62:115			N61:115		
223Q1M4	630M9	EXTRACTOR LAV HIPOCLORITO	B29:28	B30:28	N62:116	I_Q1M4_Q1M3	2A126U4	N61:116	O_Q1M4_Q1M3	4A126
221Q1M3	610M11	DUCHA OSCILADORA LAV CLORO	B29:30	B30:30	N62:118			N61:118		
222S1M2	620M1	AGITADOR TORRE DE CAUSTICA	B29:31	B30:31	N62:119	I_S1M2	2A128U4	N61:119	O_S1M2	4A128

